

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Полтавський державний аграрний університет
Plant and Soil Sciences Department University of Delaware, USA
Department of Forage Crop Production, Institute of Soil Science and
Plant Cultivation - State Research Institute, Pulawy, Poland
Department of Pharmaceutical Sciences, Amedeo Avogadro University of
Eastern Piedmont, Alessandria, Italy
Interdisciplinary Science and Engineering Laboratory, University of Delaware,
Newark, USA
Micro Tracers Inc. San Francisco, USA
Department of Animal Genetics and Conservation, Institute of Animal Sciences,
University of Life Sciences, Warsaw, Poland
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland
Department of Electrical Engineering, Azerbaijan Technical University, Baku,
Azerbaijan
Інститут фізики НАН України
University of West of England UWE, Bristol, UK
Universita' del Piemonte Orientale, Novara, Italy



ІХ МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ

«ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ОСВІТА»

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

15-16 травня 2025 року



Полтава—2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Полтавський державний аграрний університет
Plant and Soil Sciences Department University of Delaware, USA
Department of Forage Crop Production, Institute of Soil Science and
Plant Cultivation - State Research Institute, Pulawy, Poland
Department of Pharmaceutical Sciences, Amedeo Avogadro University of
Eastern Piedmont, Alessandria, Italy
Interdisciplinary Science and Engineering Laboratory, University of Delaware,
Newark, USA
Micro Tracers Inc. San Francisco, USA
Department of Animal Genetics and Conservation, Institute of Animal Sciences,
University of Life Sciences, Warsaw, Poland
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland
Department of Electrical Engineering, Azerbaijan Technical University, Baku,
Azerbaijan
Інститут фізики НАН України
University of West of England UWE, Bristol, UK
Universita' del Piemonte Orientale, Novara, Italy



ІХ МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ «ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ОСВІТА»

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

15-16 травня 2025 року



Полтава – 2025

УДК 54:504:37 (100)

ББК 24:28.08.74

ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ОСВІТА: Збірник матеріалів IX Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 15-16 травня 2025 року). – Полтава, 2025. – 348 с. Текст: укр., англ.

Міністерство освіти і науки України, Державна наукова установа «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (УкрІНТЕІ), Посвідчення № 360 від 07 квітня 2025 р. (Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта»).

У збірнику представлені матеріали, що присвячені сучасним проблемам хімічної науки та освіти, новітнім хімічним технологіям та біотехнологіям, хімічним аспектам в аграрному секторі. Видання адресоване науковим та науково-педагогічним працівникам, викладачам вищих навчальних закладів, а також фахівцями які займаються проблемами хімічних технологій, біотехнологій та актуальними питаннями агропромислового сектору.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ:

Барашков Микола Миколайович – доктор хімічних наук, професор, директор з наукової роботи корпорації Micro Tracers Inc., San Francisco, California, USA

Берест Володимир Петрович – доктор фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри молекулярної і медичної біофізики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, м. Харків

Ващенко Ольга Валеріївна – доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту сцинтиляційних матеріалів НТК «Інститут монокристалів» НАН України, м. Харків

Довбешко Галина Іванівна – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач відділу фізики біологічних систем Інституту фізики НАНУ, м. Київ

Мінаєв Борис Пилипович – доктор хімічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, професор кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси

Jaisi Deb P. – Associate Professor of Environmental Biogeochemistry, Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, USA

Irgibaeva Irina Smailovna - Doctor of science in chemistry, Professor of Chemistry Department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, NurSultan, Kazakhstan

Miletto Ivana - Dr., Department of Pharmaceutical Sciences, Amedeo Avogadro University of Eastern Piedmont, Novara, Italy

Paul Geo - Dr., Department of Science and Technological Innovation, Università del Piemonte Orientale, Alessandria, Italy

Slawinska Anna - dr hab., professor Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland

Gruszczyńska Joanna - dr hab, profesor WULS Department of Animal Genetics and Conservation, Institut of Animal Sciences, Warsaw University of Life Sciences, Warsaw, Poland

Bojarszczuk Jolanta – dr, Department of Forage Crop Production, Institute of Soil Science and Plant Cultivation - State Research Institute, Puławy, Poland

Ненастіна Тетяна Олександрівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків

Пирог Тетяна Павлівна – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій, провідний науковий співробітник відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології НАН України, м. Київ

Сахненко Микола Дмитрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Каракуркчі Ганна Володимирівна - доктор технічних наук, старший дослідник, начальник науково-методичного відділу Національний університет оборони України ім. Івана Черняхівського, м. Київ

Максимюк Ганна Василівна – доктор біологічних наук, професор кафедри клінічної лабораторної діагностики ФПДО Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, м. Львів

Мартинюк Галина Валентинівна – доктор хімічних наук, доцент, професор кафедри природничих наук Рівненського державного гуманітарного університету, м. Рівне

Ковалевська Інна В'ячеславівна – доктор фармацевтичних наук, професор, професор кафедри промислової технології ліків та косметичних засобів Національного фармацевтичного університету, м. Харків

Єрмоленко Ірина Юрійвна – доктор технічних наук, старший дослідник, доцент кафедри фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

Галич Олександр Анатолійович – ректор Полтавського державного аграрного університету, кандидат економічних наук, професор.

Маренич Микола Миколайович – директор навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології, професор, професор кафедри селекції, насінництва і генетики ПДАУ.

Ромашко Таміла Петрівна – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Короткова Ірина Валентинівна – кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Корінний Сергій Миколайович - кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Сахно Тамара Вікторівна – доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Крикунова Валентина Юхимівна – кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Кожушко Катерина Сергіївна – завідувач лабораторії «Загальної біотехнології» кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Тристан Дар'я Володимирівна – науковий співробітник лабораторії «Загальної біотехнології» кафедри біотехнології та хімії ПДАУ.

Рекомендовано до друку радою з якості вищої освіти ННІ АСЕ (Протокол № 9 від 26.05.2025 року) та вченою радою ПДАУ (Протокол № 11 від 27.05.2025 року)

Матеріали друкуються в авторській редакції мовами оригіналів.

© Полтавський державний аграрний університет, 2025

ШАНОВНІ КОЛЕГИ, УЧАСНИКИ КОНФЕРЕНЦІЇ!



Уже стало гарною традицією, що напередодні Дня науки України ми проводимо Міжнародну науково-практичну інтернет-конференцію «Хімія, біотехнологія, екологія та освіта». І навіть у цей складний для нашої держави час ми продовжуємо об'єднувати наукову спільноту, щоб ділитися досвідом, відкриттями та ідеями, які здатні змінювати світ.

Від імені директорату Навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології Полтавського державного аграрного університету та від себе особисто щиро вітаю Вас із початком роботи конференції!

Сьогодні ми зібралися, щоб об'єднати зусилля фахівців у галузях хімії, біотехнології, екології та освіти – галузей, які відіграють ключову роль у побудові майбутнього, орієнтованого на сталий розвиток, інновації та безпечне довкілля. Ця конференція – це не лише майданчик для обміну науковими результатами, а й простір для створення нових ідей, міждисциплінарних підходів та партнерських ініціатив.

Нині, коли Україна переживає важкі випробування, наука залишається джерелом надії, сили та відродження. І особливо важливо, що попри труднощі, воєнні загрози, втрати та обмеження, Ви – науковці, викладачі, здобувачі вищої освіти – залишаєтесь вірними своїй справі та прагнете ділитися знаннями. Це вражає та надихає.

Щира вдячність кожному, хто долучився до організації та участі в цій конференції: українським і закордонним науковцям, освітянам, аспірантам, студентам. Особлива подяка тим, хто, попри обстріли, евакуації та складні умови роботи, продовжує навчати, досліджувати й рухати науку вперед.

Вірю, що сьогоднішні дискусії, доповіді й обговорення стануть поштовхом до нових відкриттів, міжнародного співробітництва та наукових проривів. Нехай ця конференція стане ще одним кроком до відбудови, розвитку та перемоги України.

Бажаю всім учасникам натхнення, результативної праці, міцного здоров'я та, найголовніше – миру. Разом ми обов'язково подолаємо всі виклики. Разом до перемоги!

З повагою,
директор навчально-наукового інституту
агротехнологій, селекції та екології
Полтавського державного аграрного університету,
доктор сільськогосподарських наук, професор
Микола МАРЕНИЧ

СЕКЦІЯ I

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

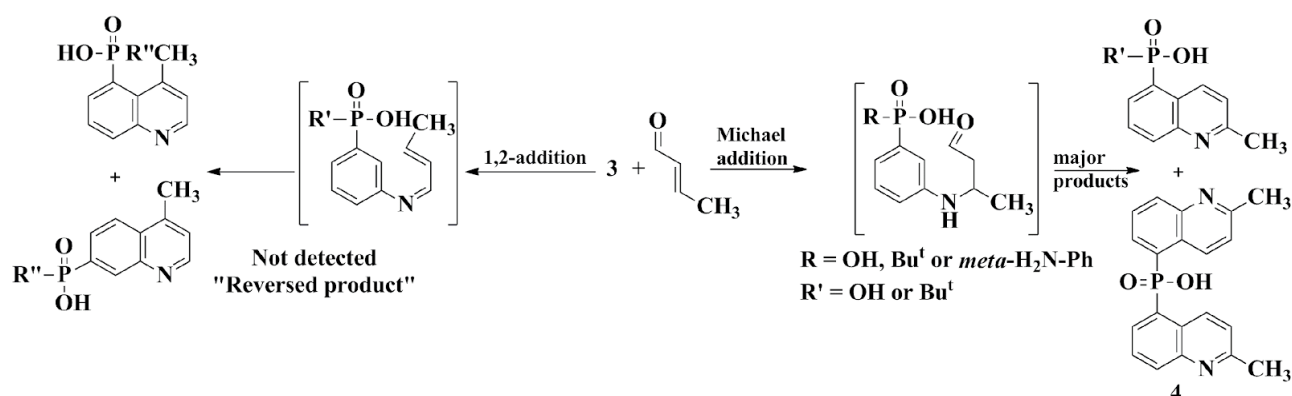
SPECTROSCOPIC AND QUANTUM CHEMICAL CHARACTERIZATION OF SELECTED METHYL QUINOLINYLPHOSPHONIC AND QUINOLINYLPHOSPHINIC ACIDS

Karaush-Karmazin N. M., Minaev B. P., Minaeva V. O. (Cherkasy, Ukraine)

Nycz J. E. (Katowice, Poland)

Organophosphorus compounds are biologically active and have been widely used as pesticides in agriculture, anticancer and antiviral agents in medicine, and anthelmintics in veterinary applications. Molecules containing phosphate, phosphonic, or related functional groups participate in numerous essential biological processes, including cell signalling, nucleic acid synthesis, energy metabolism, membrane function, and the mineralization of bones and teeth [1–3]. Despite their potential, there are no reported examples of quinolinyolphosphonic and quinolinyolphosphinic acids with phosphonic and phosphinic functional groups directly connected to the benzene ring in quinoline constitution.

Here, we report a series of quinolinyolphosphonic or quinolinyolphosphinic acids (Tables 1 and 2) synthesized using a modified Skraup-Doebner-Miller reaction (Scheme 1), which offers advantages in speed, efficiency, and overall simplicity [4]. All the structures were proved by the combination of NMR, IR, MS, and HRMS and rationalized based on DFT calculations [4]. The alternative “reversed” products were not observed (Scheme 1). This selectivity is attributed to transition state stabilization via hydrogen bonding during the ring-closure step. The quantum chemical density functional theory (DFT) calculations support these results [4].



Scheme 1. The synthetic routes of quinolinyldiphosphonic and quinolinyldiphosphinic acids [4]

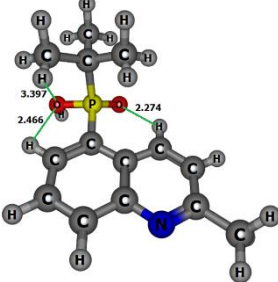
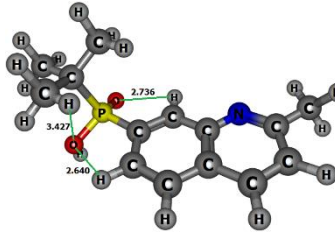
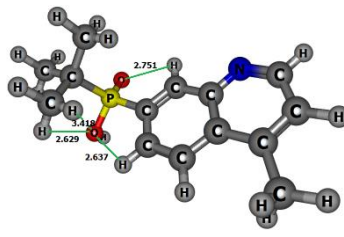
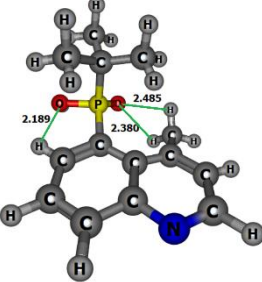
In the case of quinolinyldiphosphonic acids, our B3LYP-GD3/6-311+G(d,p) calculations with Grimme's dispersion correction predict that the most stable isomer is **1a** ($R=\text{Bu}^t$) (Scheme 1). The not-detected "reversed products" in Scheme 1 are 1.8 and 11.0 kcal mol⁻¹ higher in the total energy value compared to the most stable isomer **1a**. Regioisomer **1a'** is higher in energy by only 0.3 kcal mol⁻¹ compared to **1a** (Table 1). Intramolecular O $\cdots$ H interactions are involved in the stabilization of all quinolinyldiphosphonic acid structures. The estimated activation energy (B3LYP-GD3/6-311+G(d,p) method) of the 1,2-addition is 12.6 kcal mol⁻¹, which is slightly smaller than that of the Michael addition reaction (15.7 kcal mol⁻¹); hence, the 1,2-addition is a faster and less energy-consuming process. However, the Michael addition products are more stable and exhibit more favourable steric arrangements.

The B3LYP-GD3/6-311+G(d,p) optimized structures of three regioisomers of the studied quinolinyldiphosphonic acids **1b**, **1b'**, and **1b''** are presented in Table 2. All quinolinyldiphosphonic acid structures are stabilized by intramolecular O $\cdots$ H interactions that occur between the O atoms of the -POOH group and the H atoms of the methylquinoline fragments. According to DFT calculations the most sterically stable regioisomer among the studied quinolinyldiphosphonic acids in Table 2 is **1b''**. The regioisomers **1b'** and **1b** possess small energy differences (less than 1 kcal mol⁻¹, Table 2). This similarity for **1b**, **1b'**, and **1b''** species is attributed to comparable π -conjugation in all three isomers and the fact that differences in molecular topology do

not significantly disrupt the overall stabilization of the quinolyolphosphonic acid framework.

Table 1

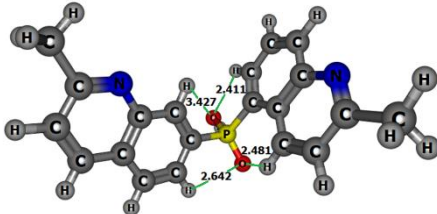
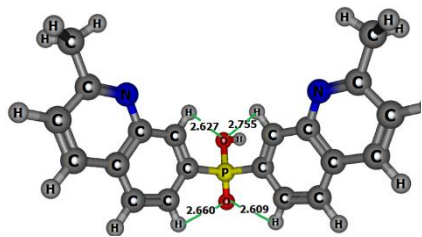
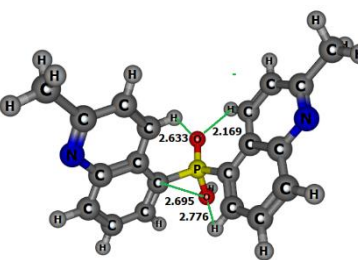
The DFT optimized structures of regioisomers of quinolyolphosphonic acids **1a**, **1a'**, and the not-detected “Reversed products” and their corresponding energy differences (reported in the parentheses in kcal mol⁻¹)

1a	1a'	The not-detected “Reversed products”	
			
Most stable regioisomer	(+0.31)	(+1.79)	(+11.04)
High-lying regioisomers ^a			

^a The data reported in the parentheses correspond to the B3LYP/6-311+G(d,p) with the Grimme's dispersion correction calculated energy differences relative to the most stable isomer **1a**. The intramolecular O···H interactions (in Å) are indicated.

Table 2

The DFT optimized structures of three regioisomers of quinolyolphosphonic acids **1b**, **1b'**, and **1b''** and their corresponding energy differences (reported in the parentheses in kcal mol⁻¹)

1b''	1b'	1b
		
Most stable regioisomer	(+0.09)	(+0.82)
High-lying regioisomers ^a		

^a The data reported in the parentheses correspond to the B3LYP/6-311+G(d,p) with the Grimme's dispersion correction calculated energy differences relative to the most stable isomer **1b''**. The intramolecular O···H interactions (in Å) are indicated.

References:

1. Kraszewski, A., Stawinski, J. *H-Phosphonates: Versatile synthetic precursors to biologically active phosphorus compounds*. *Pure Appl. Chem.* 2007. Vol. 79. P. 2217–2227.
2. Mucha, A., Kafarski, P., Berlicki, Ł. *Remarkable Potential of the alpha-Aminophosphonate/Phosphinate Structural Motif in Medicinal Chemistry*. *J. Med. Chem.* 2011. Vol. 54. P. 5955–5980.
3. Metcalf, W.W., Van der Donk, W.A. *Biosynthesis of Phosphonic and Phosphinic Acid Natural Products*. *Annu. Rev. Biochem.* 2009. Vol. 78. P. 65–94.
4. Nycz, J. E., Karaush-Karmazin, N., Minaev, B., Minaeva, V., Małeck, J. G., Książek, M., Swoboda, D., Kusz, J. *Syntheses and Spectroscopic Characterization of Selected Methyl Quinolinylphosphonic and Quinolinylphosphinic Acids; Rationalized based on DFT Calculation*. *Curr. Org. Chem.* 2024. Vol. 28. P. 545–557.

HYDROXY-CONTAINING AMIDINE DERIVATIVES FOR CO₂ CAPTURE

Irina Irgibaeva (Nur-Sultan, Kazakhstan)

Rising levels of atmospheric carbon dioxide (CO₂) remain one of the most pressing global environmental challenges. Among various mitigation strategies, the chemical transformation of CO₂ into value-added materials represents a promising approach. In this study, two novel hydroxy-containing amidine (HCA) derivatives were synthesized via condensation of amino alcohols – monoethanolamine (MEA) and tris(hydroxymethyl)aminomethane (TRIS) – with *N,N*-dimethylformamide dimethyl acetal (DMF-DMA). Their subsequent reaction with CO₂ led to the formation of polymeric ionic liquids (PILs), which were investigated using FTIR and NMR spectroscopy, as well as viscosity measurements and gel permeation chromatography (GPC) [1,2].

CO₂ emissions are widely recognized as a major contributor to climate change and environmental degradation. While efforts to reduce emissions continue, alternative strategies for CO₂ utilization are gaining increasing attention. CO₂ can serve as a sustainable and abundant C₁ source for the synthesis of useful organic materials due to its non-toxic and non-flammable nature. This study contributes to this field by designing novel CO₂-reactive precursors – hydroxy-containing amidines – that form PILs upon exposure to CO₂ under ambient conditions. Two hydroxy-containing amidine derivatives were synthesized by reacting MEA and TRIS with DMF-DMA.

The structures of the resulting HCAs were confirmed by FTIR and NMR spectroscopy. Their reactions with CO₂ were carried out in isopropanol, and the formation of PILs was monitored using time-dependent FTIR spectroscopy by analyzing characteristic absorbance bands. Additionally, changes in solution viscosity were recorded to support polymer formation, and GPC was used to determine molecular weights of the products.

The reaction between MEA-based amidine and CO₂ exhibited a notable change in FTIR absorbance bands at 1644 and 1705 cm⁻¹, with the intensity ratio decreasing from 2.84 to 1.33 within the first 60 minutes of reaction. A linear correlation between reaction time and the band ratio was established, confirming the progressive formation of a PIL structure. Similarly, for the TRIS-based amidine, changes in the ratio of bands at 1696 and 1629 cm⁻¹ were used to monitor the reaction with CO₂.

Viscosity measurements of the reacting solutions showed a steady increase, indicating molecular weight growth consistent with polymer formation. The TRIS-derived PIL solution in isopropanol was subjected to GPC analysis, yielding weight-average molecular weight (Mw) of 637 and number-average molecular weight (Mn) of 349, resulting in a polydispersity index (Mw/Mn) of 1.828. These values confirm successful polymerization and suggest a moderately broad molecular weight distribution. The data also point to the possibility of both hydroxyl groups of TRIS participating in the polymerization process [3].

According to NOAA's Global Monitoring Laboratory, CO₂ accounted for approximately two-thirds of the total radiative forcing from all anthropogenic greenhouse gases in 2021. The method described in this study offers a promising avenue for sustainable CO₂ utilization by converting it into functional polymeric materials under mild conditions. Integrating this approach with ecodesign principles can enhance the development of environmentally friendly materials with potential applications in catalysis, separation technologies, and smart materials.

This work demonstrates the feasibility of synthesizing hydroxy-containing amidines from simple, low-toxicity precursors and using them for CO₂ capture via the

formation of polymeric ionic liquids. Structural transformations were confirmed by spectroscopy, and the kinetics of the process were effectively monitored by FTIR. The study paves the way for the design of efficient and sustainable CO₂-reactive systems based on molecular-level engineering of amine-based precursors.

Referents:

1. Irina Irgibaeva, Nikolay Barashkov, Anuar Aldongarov, Asel Zhapakova, Alibek Eralinov, Tamara Sakhno, Aidar Seralin, Yuriy Sakhno. *FTIR and NMR spectra of polymeric ionic liquids – Products of reaction between hydroxycontaining amidines and carbon dioxide. Journal of CO2 Utilization* 77 (2023) 102594 **2.** Barashkov N., Irgibayeva I., Zhapakova A., Eralinov A., Sakhno T., *FTIR and fluorescent control of interaction between hydroxy-containing amidines and carbon dioxide, ACS Meeting San Diego, CA, 2022, March 20-24* **3.** Yiwei Wang, Huangkuan Xu., Huzhou, Bilal Iqbal Ayubi, Shengrui Zhou, Li Zhang. *Insulation Failure Mechanism of Polyimide Under High-Frequency Electrical Stress: A Synergistic Analysis of Aging Experiments and Molecular Dynamics Simulations. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation.* 2025. Volume: 32,(1), 246 - 253

LED LIGHTING: FLICKER, STROBOSCOPIC EFFECT, AND QUALITY IMPROVEMENT THROUGH ECODESIGN POLICY

Sabir Agabagir oglu Baghirov (Baku, Azerbaijan)

Modern light-emitting diode (LED) sources are widely used in general lighting systems due to their high energy efficiency, durability, and compliance with ecodesign principles. However, along with their technical advantages, they may produce undesirable visual effects such as light flicker and the stroboscopic effect, which are often caused by power supply instability – especially when low-quality drivers or dimming systems are used. These effects may be imperceptible to the human eye yet can negatively impact visual perception, cause eye strain, headaches, and concentration issues. In dynamic environments, they may even create dangerous illusions of still or reversed motion of moving objects, posing real safety risks [1].

This study analyzed the flicker parameters generated by LED lamps and luminaires available on the Ukrainian market and examined how design features affect the level of light modulation. Measurements of modulation depth, flicker index, and stroboscopic visibility measure (SVM) were conducted in accordance with international standards IEEE 1789:2015 and IEC/TR 63518:2018 using an MK350S

spectrometer and a GO2000 goniophotometer to account for angular non-uniformity in LED emission. The results showed that most LED products demonstrated safe flicker levels; however, certain inexpensive or non-branded models exhibited hazardous levels of light modulation [2].

Due to the angular spectral non-uniformity of LED radiation, which impacts the accuracy of modulation depth measurements, recommendations were developed for improving testing methodologies. The study also concluded that national regulations should include requirements for maximum allowable modulation levels across different frequency ranges to enhance lighting safety, visual comfort, and consumer trust in LED products. Therefore, regulation of these parameters must become an integral part of ecodesign policy, which should address not only energy efficiency but also lighting quality and human health.

The ecodesign and energy labeling policy serves as a crucial mechanism for improving the efficiency, safety, and quality of LED lighting products. Beyond limiting energy consumption, this policy addresses aspects related to visual comfort and health. A significant focus is placed on regulating light flicker and the stroboscopic effect, which can impair visual performance, cause fatigue, headaches, and attention issues, and, in some cases, degrade overall well-being [3,4].

Studies of LED products on the Ukrainian market have shown that most lamps and luminaires maintain low flicker levels and pose no health risks. However, samples from unknown or unscrupulous manufacturers have demonstrated dangerous levels of light modulation. These issues are often linked to design flaws and lack of quality control [5].

Experiments were conducted in line with IEEE 1789:2015 and IEC/TR 63518:2018, using an MK350S spectrometer and a GO2000 goniophotometer. Results confirmed that modulation depth depends not only on driver quality but also on the angular non-uniformity of spectral emission – especially relevant for luminaires with complex geometries. This necessitates improvements in measurement methodologies

and the introduction of mandatory modulation limits in technical standards to ensure safe lighting environments [6].

Ecodesign policy and energy labeling are not only about reducing electricity use in residential and industrial sectors. They also aim to improve luminaire performance, including luminous flux stability, color rendering quality, and product lifespan. The adoption of mandatory technical standards encourages manufacturers to develop products with reduced flicker and stroboscopic risks. Transparent labeling enables consumers to make informed choices in favor of safer and more efficient lighting options.

The EU Commission Regulation 2019/2020 introduced for the first time mandatory limits for flicker and stroboscopic effects (SVM), luminous flux retention after 3000 hours, and color uniformity (within ≤ 6 MacAdam ellipses), along with maximum power requirements based on declared luminous flux and color rendering index (CRI). These standards help harmonize product quality assessment across the EU and prevent the spread of substandard lighting. By regulating flicker and SVM, consumer visual comfort is protected; by assessing luminous flux retention, product reliability is better estimated; and with standardized color uniformity, a more pleasant and natural lighting experience is guaranteed in residential, educational, and workplace settings [7].

EU Commission Regulation 2019/2015 also reintroduced the simplified A–G energy efficiency rating scale, replacing the confusing A+++/G scheme, and created the European Product Registry for Energy Labelling (EPREL). The new classification is stricter, motivating manufacturers to innovate. EPREL provides open access to product specifications, increasing transparency and market confidence. Consumers and professionals can verify compliance and compare models based on key performance metrics.

References:

1. Douki, T., Bacqueville D., Jacques-Jamin C., Genies C., Rouillet N., Bessou-Touya S., and Duplan H.. *Blue Light Impairs the Repair of UVB-Induced Pyrimidine Dimers in a Human Skin Model. Photochemistry and Photobiology*, February 13, 2024. 2. Nils Borg, Michael Scholand, Peter

Bennich, Georges Zissis. Achieving successful intergovernmental collaboration: A case study in lighting. *eccee 2024 Summer Study on energy efficiency, ECEEE*, Jun 2024. **3.** Lei, T., Hua, H., Du, H., Xia, J., Xu, D., Liu, W., Wang, Y., and Yang, T. Molecular mechanisms of artificial light at night affecting circadian rhythm disturbance. *Archives of Toxicology*, 2024. 98(2), 395-408. **4.** Shpak S., Kozhushko G., Kyslytsia S., Bagirov S. Discomfortable and dazzling brilliance of led lamps and fixtures *Systems of Control, Navigation and Communication*. 2021, 1(63) C.62-66. **5.** Neyezhmakov P. , Pitiakov O., Shpak S., Baghirov S., Sakhno T. , Kozhushko G. Luminance flicker of LED lamps and lighting fittings for general lighting *Ukrainian Metrological Journal*, 2022, No 3, 33-42. **6.** Shpak S., Kyslytsia S., Kozhushko G., Sakhno T., Bagirov S. Flickering light and stroboscopic effect from LED lamps and light fixtures. *Systems of Control, Navigation and Communication* 2020. 2(60). C.135-143. **7.** Shpak S. , Baghirov S., Pitiakov O., Kyslytsia S. , Sakhno T. , Kozhushko G. Application of ecodesign policy and energy labelling to improve energy efficiency and quality of LED light sources *Ukrainian Metrological Journal*, 2024, No 2, 39-50

MODULATION OF APATITE SOLUBILITY THROUGH PROTON SUBSTITUTION IN THE CRYSTAL LATTICE

Ivana Miletto (Novara, Italy)

Calcium phosphate nanoparticles based on hydroxyapatite (HANPs) have been extensively studied and applied in biomedical fields owing to their superior biocompatibility and osteoconductive properties. Recently, these nanoparticles have attracted growing interest as potential candidates for slow-release phosphate fertilizers, providing a sustainable alternative to conventional superphosphate fertilizers, which, despite their high solubility and effectiveness, exert detrimental environmental impacts including soil acidification and eutrophication.

However, stoichiometric hydroxyapatite exhibits intrinsically low solubility under typical soil conditions, severely limiting its efficacy as a phosphorus source for plants. Therefore, tailoring the physicochemical properties of HANPs to enhance their solubility while preserving their structural integrity is imperative for their practical deployment in agrochemical applications.

In this study, we systematically investigate the controlled substitution of phosphate ions (PO_4^{3-}) by hydrogen phosphate ions (HPO_4^{2-}) within the hexagonal apatite lattice to modulate solubility characteristics. Seven variants of HANPs were synthesized via precipitation methods across a pH gradient ranging from 6 to 12. The incorporation of HPO_4^{2-} was confirmed by monitoring partial phase transformation into

β -tricalcium phosphate (β -TCP) following thermal treatment at 1100°C, as evidenced by powder X-ray diffraction (PXRD).

Fourier-transform infrared (FTIR) spectroscopy revealed a distinct absorption band at 1213 cm^{-1} attributable to HPO_4^{2-} vibrations, which exhibited a positive correlation with both the degree of β -TCP formation and increasing pH. The absence of amorphous phases containing HPO_4^{2-} was corroborated by complementary Raman spectroscopy and transmission electron microscopy (TEM) analyses. Solubility assessments in citric acid buffer demonstrated that HANPs synthesized at lower pH values, containing higher concentrations of structurally incorporated HPO_4^{2-} , exhibited significantly enhanced dissolution rates relative to samples synthesized at higher pH.

These findings substantiate that the deliberate incorporation of protons into the apatite lattice framework represents a promising strategy to modulate the solubility of calcium phosphate nanoparticles. This novel approach enables the design of environmentally benign phosphate fertilizers with tunable release profiles tailored to specific agronomic requirements.

CARBONATE-SUBSTITUTED HYDROXYAPATITE: STRUCTURAL MODIFICATIONS VIA TEMPERATURE CONTROL AND Na^+/K^+ INCORPORATION

Jaisi Deb P. (Newark, USA)

Only in recent years have hydroxyapatite nanoparticles (HANPs), known for their limited solubility, been considered as innovative fertilizers with potential for controlled phosphorus (P) release in accordance with plant nutrient uptake patterns.

The increasing demand for environmentally sustainable fertilizers with controlled nutrient release has highlighted the potential of nanosized hydroxyapatite (HANP) as a phosphorus source. However, stoichiometric HANP has limited solubility, which does not fully meet the nutrient dynamics required by plants. This

study investigates the influence of crystallization temperature and the incorporation of monovalent ions (Na^+ , K^+) on the carbonate content and solubility of HANP.

Carbonated HANPs were synthesized via chemical precipitation from aqueous calcium hydroxide and phosphoric acid, with CO_2 bubbling to enhance carbonate incorporation. FTIR, nano-FTIR coupled with AFM, FE-SEM, XRD, and DS-TGA analyses revealed that crystallization temperature significantly affects both particle morphology and carbonate incorporation into the apatite lattice. A preferential formation of A-type carbonate was observed, depending on the crystallization temperature - a finding not previously reported.

Additionally, co-doping with sodium or potassium ions along with carbonate was investigated to improve solubility. Characterization by FTIR, Raman spectroscopy, DTA-GTA, XRD, and FE-SEM showed that incorporation of Na^+ and K^+ induces lattice contraction along the c-axis and increases structural defects, potentially enhancing dissolution. Higher concentrations of Na^+/K^+ favored B-type carbonate over A-type. Sodium demonstrated greater incorporation efficiency than potassium, likely due to its smaller ionic radius difference with Ca^{2+} . Thermal treatment at 1100°C induced partial transformation of HANP to tricalcium phosphate (TCP), with conversion increasing alongside Na^+/K^+ content.

These findings demonstrate that crystallization temperature and monovalent ion doping can be effectively used to tailor the structural and dissolution properties of HANP, supporting its development as a tunable, controlled-release phosphate fertilizer.

THE ROLE OF MIXING AND HOMOGENEITY IN MODERN BIOTECHNOLOGICAL PROCESSES

**Sakhno T., Semenov A. (Poltava, Ukraine), Panchenko V. (Kharkiv, Ukraine),
Barashkov N. (San Francisco, California, USA),
Sakhno Y. (Newark, DE 19716, USA)**

Mixing is a critical component of biotechnological processes, particularly in submerged cultivation of microorganisms, including recombinant strains. In such systems, homogeneity of the nutrient medium, uniform oxygen distribution, and stable pH and temperature depend directly on the effectiveness of mixing. This issue becomes especially significant when working with genetically modified microorganisms, which, due to the presence of foreign DNA, demonstrate increased sensitivity to external stressors, including mechanical agitation. Insufficient or excessive mixing may lead to oxygen limitation, accumulation of toxic metabolites, or cellular damage caused by shear stress. As a result, cell viability, biomass accumulation, and metabolite synthesis can be significantly reduced [1,2].

Therefore, optimizing mixing regimes – including stirrer speed, impeller geometry, and aeration intensity – is essential to maintaining a stable and productive bioprocess environment. Furthermore, modern biotechnology increasingly relies on advanced tools for assessing mixing quality, such as tracer-based techniques, optical sensors, and computational fluid dynamics (CFD) modeling. These methods enable real-time, spatially resolved analysis of fluid dynamics and mixing efficiency, providing insight into the mechanical stress experienced by cells and its impact on bioprocess performance.

The importance of achieving effective mixing extends beyond microbial cultivation and is equally relevant in industrial applications such as biofuel formulation. The issue of ensuring the homogeneity of B30 biofuel – a blend of 30% biodiesel and 70% petroleum diesel – becomes especially important when additives

are introduced to improve fuel stability and performance. The study by Karuana et al. (2023) highlights that B30 quality can degrade over time during storage, and the success of additive use depends strongly on achieving a uniform mixture. In that work, CFD modeling and laboratory measurements were employed to evaluate the homogeneity of B30 and additive mixtures in a 100-liter mixing tank, based on density and volumetric fraction distributions.

It is important to emphasize that the production and application of biofuels – particularly biodiesel used in B30 formulations – represents a vital direction in contemporary biotechnology. It integrates biochemical, microbiological, and engineering disciplines to convert renewable resources into environmentally sustainable energy carriers [3].

To enhance the evaluation of mixing quality, we have previously synthesized magnetic nanotracers based on iron oxide/manganese oxide and iron oxide/cobalt oxide nanoparticles. These were prepared by mixing aqueous solutions of ferrous chloride, ferric chloride, and either manganese chloride or cobalt chloride, followed by the addition of ammonium hydroxide, stirring, heating, and treatment with oleic acid. The resulting nanoparticles, with sizes not exceeding 90 nm, were characterized using Nanoparticle Tracking Analysis (NTA). These magnetic nanotracers have been effectively utilized as markers for assessing mixing quality in liquid feeds and various biotechnological processes, offering a dynamic and spatially resolved method for monitoring mixing efficiency [4].

In addition to these nanotracers, we have also explored the synthesis and application of microtracers for evaluating feed mixing. In our 2020 study, we synthesized iron nanoparticles via thermal decomposition of diiron nonacarbonyl in an ionic liquid medium. These nanoparticles were then dispersed in ethanol and used as tracers to assess the homogeneity of liquid feed mixtures. The approach demonstrated the feasibility of using such ferromagnetic dispersions for mixer studies in liquid feeds. Further, in 2022, we investigated the use of ferromagnetic microtracers to assess the

quality of homogeneity in pet food [5]. By incorporating microtracers into pet food samples and analyzing their distribution, we were able to determine the effectiveness of mixing processes. This method provided a non-invasive and efficient means to evaluate mixer performance and ensure uniform distribution of feed components [6-8].

These studies underscore the relevance and applicability of microtracers in biotechnological processes. By providing a means to monitor and evaluate mixing quality, microtracers serve as valuable tools in optimizing bioprocesses, ensuring product consistency, and enhancing overall process efficiency.

References:

1. K. van't Riet, R.G.J.M. van der Lans, *Mixing in Bioreactor Vessels*, Compr. Biotechnol. Second Ed. 2 (2011) 63–80.
2. *Specifics of Development and Testing of Biological Origin Products [Electronic resource]: Recommended by the Methodological Council of the Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute as a study aid for master's applicants on the specialties 162 Biotechnology and Bioengineering, 163 Biomedical Engineering / Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute; compilers: T.M. Lutsenko et al. – Electronic text data (1 file). – Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2025. – 104 p.*
3. Karuana F., Ghazidin H., Andrias S.R. et al. Homogeneity analysis of B30 mixing results with additives in mixing tanks using computational fluid dynamics (CFD). *Materials Today Proceedings* 87 (2023) 141–146.
4. Sakhno T., Semenov A., Barashkov N. Assessing the quality of homogeneity of pet food using ferromagnetic micro tracers. *Grain Products and Mixed Fodder's*, 2020; 20 (2, 78): 32-37.
5. Irgibaeva I., Barashkov N., Sakhno T. et al. Synthesis of Iron Nanoparticles by Thermal Decomposition of Diironnonacarbonyl in Ionic Liquid and Their Potential Use as Nanotracers for Mixer Studies in Liquids Feeds. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 2020, 10, 201-209.
6. Sakhno T., Panchenko V., Barashkov N., Sakhno Y. Investigation of suspensions of mixed iron oxide/manganese oxide and iron oxide/cobalt oxide nanoparticles in aqueous surfactant solutions and their use for mixer studies in liquids feeds. *5th International Scientific Conference «Chemical Technology and Engineering»: Proceedings. –2025, Lviv, Ukraine. – Lviv: Lviv Polytechnic National University.*
7. Sakhno T., Panchenko V., Semenov A., et al. Ferromagnetic nanotracers based on Fe and Co oxides: synthesis and their role in assessing the quality of mixing liquid feeds. *Ukrainian Metrological Journal*, 2024. No 3. P. 55-63.
8. Sakhno T., Panchenko V., Semenov A., et al. Mixed manganese-iron oxide nanotracers for quality control in liquid animal feeds. *Ukrainian Metrological Journal*, 2025, No2.

THE NEW ASPECTS OF THE HYDROXYAPATITE NANOPARTICLES APPLICATION AS A SLOW-RELEASE PHOSPHORUS FERTILIZER

Paul Geo (Alessandria, Italy)

Recently, hydroxyapatite nanoparticles (HANPs) $[\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2]$ have gained attention as promising slow-release phosphorus fertilizers (SRFs) [1, 2]. However, commercially available HANPs, characterized by a Ca/P molar ratio of

1.667, represent the least soluble form of calcium phosphate, limiting their efficiency in agronomic applications.

This study aimed to enhance the dissolution rate of HANPs by increasing the concentration of hydrogen phosphate (HPO_4^{2-}) species relative to phosphate (PO_4^{3-}) groups within the crystal lattice. Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) and solid-state ^{31}P magic angle spinning nuclear magnetic resonance (MAS NMR) analyses revealed that HPO_4^{2-} is most abundant in HANPs synthesized at pH 6.0, with its proportion decreasing progressively at higher pH values. This reduction correlates with increased carbonate incorporation into the HANP lattice, predominantly forming type B carbonated apatites. The influence of hydrogen phosphate incorporation on HANP dissolution was investigated using a flow-through macrodialysis system designed to minimize transformation into other solid phases that could inhibit dissolution.

Results demonstrated that the dissolution rate of HANPs significantly increased with decreasing synthesis pH, reaching its maximum at pH 6.0. Notably, the dissolution rate differed by an order of magnitude between HANPs synthesized at pH 7.0 and pH 10.0. The synthetic protocol developed herein is atom-efficient and provides a controllable approach to modulate HANP dissolution, representing a critical advancement toward improving phosphorus release efficiency in SRF applications and contributing to agricultural sustainability.

X-ray diffraction (XRD) analyses showed the absence of characteristic reflections at low angles ($4\text{--}7^\circ$ two-theta), indicating no detectable metastable octacalcium phosphate (OCP) phases in any HANP samples, regardless of synthesis pH.

Although OCP precipitation is thermodynamically favored at low pH and could co-occur with HANP formation, extensive washing post-crystallization likely removed non-apatitic calcium phosphate phases. Diffraction patterns in the $20\text{--}60^\circ$ 2θ range corresponded exclusively to apatite with the $\text{P6}_3/\text{m}$ space group, and no clear distinctions in peak positions or widths (FWHM) were observed among HANPs

synthesized at pH 6–11. However, detailed Rietveld refinement against PDF database standards identified intrinsic structural disorder and deviations from stoichiometry.

Refinement results indicated systematic chemical composition variations: the number of calcium ions per unit cell increased from HANP6 to HANP9, while orthophosphate content decreased, resulting in lower Ca/P ratios at low pH and higher ratios at elevated pH. Although minor discrepancies between Ca/P ratios obtained via ICP-MS and PDF methods were noted – attributable to differences in synthesis protocols – both analyses confirmed a consistent trend of increasing Ca/P with increasing synthesis pH. Additionally, proton content in the formula inversely correlated with pH, being higher in HANPs crystallized at lower pH values (HANP6–HANP8). This concordance between XRD and elemental analyses supports the conclusion that solution pH during crystallization critically determines the final chemical composition of HANPs. HANPs synthesized at pH 9–12 lacked proton incorporation, consistent with calcium-deficient apatite behavior reported in prior studies. Upon calcination, these phases convert to biphasic calcium phosphate mixtures of pure apatite and β -tricalcium phosphate (β -TCP).

The present findings, alongside previous research, contribute incrementally to a systematic understanding of HANP synthesis, dissolution mechanisms, and phosphorus release kinetics. Collectively, these insights advance efforts to improve resource use efficiency and nutrient use efficiency in agriculture.

References:

1. Ammar, M., Ashraf, S., & Baltrusaitis, J. Nutrient-Doped Hydroxyapatite: Structure, Synthesis and Properties. *Ceramics*. 2023. 6(3), 1799-1825.
2. Pilotto L, Scalera F, Piccirillo C, Marchiol L, Zuluaga MYA, Pii Y, Cesco S, Civilini M, Fellet G. Phosphorus Release from Nano-Hydroxyapatite Derived from Biowastes in the Presence of Phosphate-Solubilizing Bacteria: A Soil Column Experiment. *J Agric Food Chem*. 2025. 73(7), 3918-3929.

GENETIC TOOLS FOR ASSESSING ADAPTABILITY IN PIGS BASED ON MICROSATELLITE MARKER ANALYSIS

Olejnychenko Elizabeth (Bristol, UK), Korinnyi S.M (Poltava, Ukraine)

Understanding the genetic basis of adaptability is critical for improving the resilience of livestock to environmental stressors, optimizing breeding programs, and ensuring long-term sustainability in pig farming [1,2]. The identification of informative molecular markers linked to adaptive traits will allow for more precise selection and conservation of valuable genetic resources in national pig breeds.

The purpose of this study was to perform genotyping of animals from Ukrainian pig breeds based on microsatellite loci of the genome in order to develop and implement a methodology for identifying gene complexes associated with adaptability.

The study involved a combination of zootechnical, bioinformatic, molecular genetic and statistical methods. The zootechnical approach included analysis of genealogy and productivity traits of animals from different breeds. Bioinformatics methods were applied for working with genomic primary sequence databases to design oligonucleotide primers. Molecular genetic techniques included DNA extraction, assessment of DNA purity and concentration, amplification of microsatellite loci using PCR, and electrophoretic separation of PCR products in a denaturing polyacrylamide gel. Statistical analyses were used to calculate population-genetic parameters based on microsatellite data, assess the association between microsatellite loci and productivity traits, and identify potential adaptive gene complexes.

Genotyping was performed on animals of the Ukrainian Meat breed using six microsatellite loci with tetranucleotide repeats and a custom-designed primer panel. The average number of alleles per locus was 5.2. Observed heterozygosity (H_o) was 0.830, while expected heterozygosity (H_e) was 0.780; however, the difference was statistically insignificant. Additionally, 17 animals of the Poltava Meat breed were genotyped using the same six microsatellite loci. The average number of alleles per

locus was 3.8, with H_o and H_e values of 0.680 and 0.730, respectively. In animals of the Myrhorod breed, the following allelic variability was identified: FH3628 – 5 alleles (200–228 bp); FH1865 – 5 alleles (109–129 bp); FH4219 – 2 alleles (80 and 92 bp); FH1885 – 4 alleles (205–213 bp); FH3764 – 2 alleles (138 and 146 bp); FH4231 – 2 alleles (116 and 120 bp). The relatively high heterozygosity levels and average allele numbers per locus confirm the potential of these markers to identify alleles and genotypes related to adaptability in Ukrainian pig breeds.

As all physiological and biochemical processes in the organism are under genetic control, adaptability can be studied via molecular genetic markers. DNA markers based on primary sequence polymorphisms are currently a prominent class of genetic tools. Their identification is not influenced by environmental factors, they are not tissue-specific, and they enable detection of target genes at any stage of breeding - without relying on phenotypic traits.

Microsatellite markers (SSRs – short sequence repeats) are among the most informative molecular tools for genetic analysis of livestock. These tandem repeats (1–6 bp long) are highly polymorphic and distributed throughout the eukaryotic genome. Due to high mutation rates (10^{-2} to 10^{-5}), microsatellites accumulate population-specific variants, making them valuable for analyzing population structure and diversity [3].

It is estimated that over 850 tetranucleotide repeats are distributed across autosomes, with an average inter-marker distance of 7.4 cM and mean heterozygosity above 70%. Microsatellites also play a significant role in the functional organization of the genome at various levels - from molecular to subcellular.

Currently, microsatellite analysis is widely used in population genetics, construction of genetic linkage maps, breed certification, identification of purebred animals, cultivar differentiation in plants, and analysis of interspecies and interbreed differences. Moreover, increasing attention is being paid to comparative genomics of microsatellite loci, new data interpretation methods, and the role of these markers in studying adaptive changes in livestock populations.

References:

1. Liu, X., Peng, Y., Zhang, X., Chen, W., Chen, Y., Wei, L., Zhu, Q., Khan, M. Z., & Wang, C. Potential Genetic Markers Associated with Environmental Adaptability in Herbivorous Livestock. *Animals*. 2025. 15(5), 748. 2. Vanvanhossou S. F. U., Dossa L. H., König, S. Sustainable Management of Animal Genetic Resources to Improve Low-Input Livestock Production: Insights into Local Beninese Cattle Populations. *Sustainability*. 2021. 13(17), 9874. 3. Haas R., Payseur B. Multi-locus inference of population structure: a comparison between single nucleotide polymorphisms and microsatellites. *Heredity*. 2011. 106, 158–171.

PHOSPHOMETHYLPYRIMIDINE SYNTHASE (THIC): TRAPPING OF FIVE INTERMEDIATES PROVIDES MECHANISTIC INSIGHTS ON A COMPLEX RADICAL CASCADE REACTION IN THIAMIN BIOSYNTHESIS

Vishav Sharma, Dmytro Fedoseyenko (Texas, US)

Phosphomethylpyrimidine synthase (ThiC) catalyzes the conversion of AIR to the thiamin pyrimidine HMP-P. This reaction is the most complex enzyme-catalyzed radical cascade identified to date, and the detailed mechanism has remained elusive. In this study, we describe the trapping of five new intermediates that provide snapshots of the ThiC reaction coordinate and enable the formulation of a revised mechanism for the ThiC-catalyzed reaction (Fig.1).

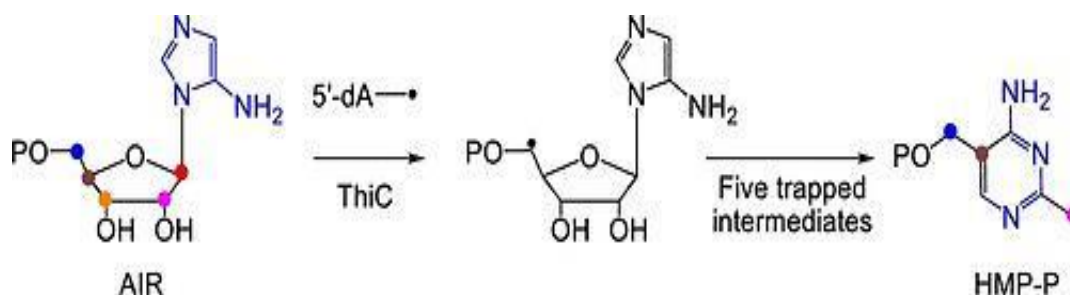
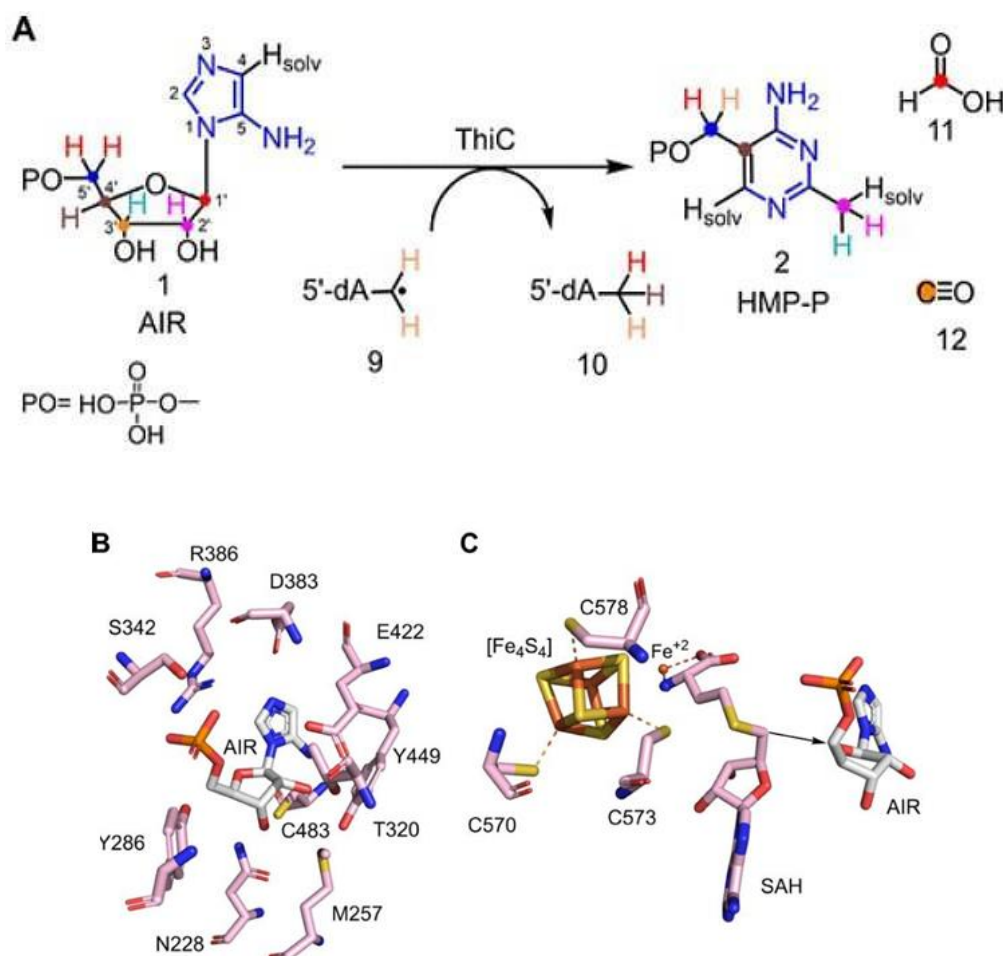
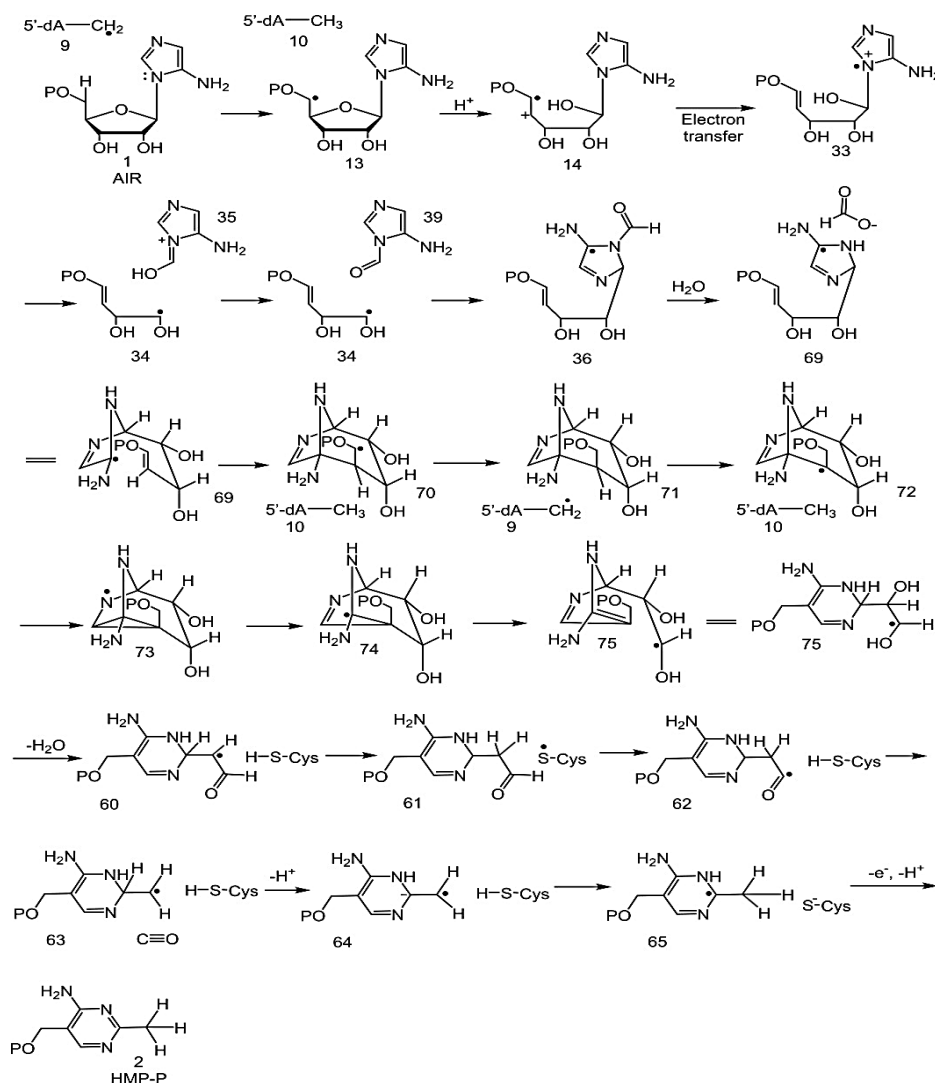


Fig.1 Phosphomethylpyrimidine synthase reaction's coordinate

Formation of five new intermediates in a ThiC-catalyzed reaction is presented on Fig.2:



The ThiC-catalyzed reaction with the fate of all atoms shown in color in fragment A. Active site architecture of AtThiC showing residues involved in AIR binding (PDB: 4S28) presents at B. Active site of AtThiC showing the noncanonical $[\text{Fe}_4\text{S}_4]$ cluster (CX2CX4C), a novel mononuclear iron site involved in SAM binding and bound S-adenosyl homocysteine shown on C



Scheme: Current mechanistic proposal for the ThiC-catalyzed reaction

The current mechanistic proposal discussed here for the ThiC-catalyzed reaction is based on the capture of five reactions and is presented in Scheme.

The trapping of five distinct intermediates along the ThiC-catalyzed transformation of AIR to HMP-P provides crucial insights into the complex radical cascade underlying thiamin pyrimidine biosynthesis. These intermediates offer a detailed view of the reaction coordinate, allowing for the refinement of the mechanistic model. Structural data from the active site of AtThiC, including interactions with AIR and SAM, further support the proposed reaction pathway. Together, these findings significantly advance our understanding of radical SAM enzymology and the intricate chemistry of thiamin biosynthesis.

MICROBIOTA MODIFIERS IN QUAILS

Tamila Zvenihorodska (Poltava, Ukraine), Anna Slawinska (Torun, Poland)

The composition of the intestinal microbiota in the quail is sensitive to environmental and nutritional treatments. The wide array of the feed additives used in the quail include probiotics, prebiotics, organic acids, essential oils, and bioactive medicinal herbs, and various plant extracts (Wu et al., 2016; El-Saadony et al., 2020; Alagawany et al., 2020; El-Tarabily et al., 2021; Abou-Kassem et al., 2021; El-Shall et al., 2022). They are supplemented to improve digestion, modulate the immune responses, or as a substitute for antibiotic therapy in OneHealth approaches (Alagawany et al., 2020; Abd El-Hack et al., 2020). Numerous literature sources report improvement in growth efficiency in the quail when using those nutritional supplements, but also modulation of the GIT microbiota composition (Yusuf et al., 2016; Alagawany et al., 2020; Fikry et al., 2021; Abd El-Hack et al., 2022).

One of the most effective alternatives to the use of antibiotics in the quail, especially at an early age, are probiotics. They include beneficial microorganisms that affect the health and growth of the quail hatchlings by improving their intestinal health (Fuller, 1989; Rivière et al., 2016). Alagawany et al. (2021) proved the positive effects of supplementing the quail diets with the *Paenibacillus polymyxa* probiotics. *Paenibacillus polymyxa* is a gram-positive spore-forming rod-like bacterium. When used as a probiotic, it reduced the count of *E. coli* and *Enterococcus* spp in the quail feces. It also improved feed and growth efficiency in the third and fifth weeks of the quail's life (Alagawany et al., 2021).

Wilkinson et al. (2020) concluded that very early use of probiotic supplements to populate the quail GIT contributes to the protection of quail against the pathogenic microflora, which they encounter as adults. In their experiments, they used *Lactobacillus agilis* culture – an isolate derived from an adult quail. Quails used for this isolate had a low bacterial diversity throughout the study, and *Lactobacillus agilis*

dominated their feces (Wilkinson et al., 2020). Sablie et al. (2019) indicated that the small concentrations of *Bacillus subtilis* are enough to increase the number of *Lactobacillus* spp. in both feces and GIT of the quail (Sablíe et al., 2019). Supplementation of the quail diets with the two types of probiotics (*Bacillus toyonensis* and *Bifidobacterium bifidum*) statistically reduced the intestinal coliforms, but had no effect on beneficial bacteria composition in the caecum (Nour et al., 2021). Adding *Bacillus Subtilis* (Sanolife PRO-F) to the diet of the newly hatched quails at a dose of 2g/kg increased the amount of *Lactobacillus* spp. by 231% compared to the control. Using a *Bacillus subtilis* probiotic along with the bacitracin antibiotic reduced the number of cecal coliforms, *E. coli* and *Salmonella*, in laying quails (Manafi et al., 2016).

Prebiotics contain oligosaccharides that are unfermentable by the host organism, but undergo microbiological fermentation in the guts. As such, they promote the growth of the bacteria populations based on their metabolic activity. For example, the chicory dietary supplements were reported to regulate the intestinal microbiome and to show antioxidant and anti-inflammatory effects in quails (Wang et al., 2017; Bian, et al., 2018). Chicory extracts promote growth of the *Bifidobacteria* and reduce the counts of pathogenic bacteria. Chicory supplemented in the diet of 8 weeks-old quails decreased *Bacteroides* and *Helicobacteraceae* in the gut, while increasing intestinal *Proteobacteria* and *Bifidobacteria* (Bian, et al., 2020). Synbiotics contain probiotics and prebiotics, which are absorbed together, and therefore they may act synergistically. The use of Protexin – a synbiotic, that contains a combination of the *Enterococcus faecium* probiotic and the fructooligosaccharides prebiotic in a dose of 0.25 g/kg diet, led to an increased concentration of *Lactobacillus* bacteria in the intestines of Japanese quails (Vali et al., 2013).

However, it is worth mentioning results of other studies indicate that the use of probiotics as a feed supplement does not suppress pathogenic bacteria in the caecum of the healthy quails. It was reported that using a probiotic Protexin alone or together

with antibiotic Zinc Bacitracin did not significantly affect the total number of aerobic bacteria, lactobacilli, enterobacteria, coliforms, enterococci, salmonella, or sulfite-reducing anaerobic bacteria (Siriken et al., 2003). Also, there are some studies which report inefficiency of Lactobacillus-based probiotics on the gut microbiome of poultry (Otutumi et al., 2010).

The use of organic acids in poultry farming is effective and economical (Pirzado et al., 2021). The effect of organic acids occurs simultaneously in several directions. Unlike antibiotics, bacteria do not develop resistance against organic acids, which improves the chances of their use in animal husbandry. Antimicrobial action is an important property of organic acids, which can be described as follows: acids penetrate the cell membranes of microorganisms and split into anions and cations (Fikry et al., 2021). The organic acid fumaric-FUA ($C_4H_4O_4$) is widely used in poultry farming. Adding FUA to the diet of the Japanese quail chicks at a dose of 15 g/kg significantly increased the total number of the caecal bacteria. The modulation of the caecal microflora included an increase in Lactobacillus bacteria, while the number of coliforms (*E. coli* and *Salmonella*) were reduced compared to the Japanese quail on a normal diet (Reda et. al., 2021). A similar result was achieved when adding ascorbic acid to the diet of Japanese quails at a dose of 10 g/kg (Fikry et al., 2021). Propionic acid contributed to the increase in the population of Lactobacillus spp. in the intestines by 147% compared to the control (Nasser et. al., 2020). There are data that a mixture of formic and propionic acid in different amounts in supplements to the diet of quails reduced the amount of total bacterial bacteria in the body from 49 to 59% (Safwat et al., 2021). Enaam A. Abdel-Latif et al. (2020) suggested using *Aspergillus japonicas* culture filtrate containing oxalic acid, citric acid, lactic acid, ascorbic acid, maleic acid, formic acid, and salicylic acid. This supplement helped to limit the caeca colonisation with coliforms, *E. coli*, and *Salmonella* in quail chicks (Enaam et. al. 2020).

Plant extracts and medicinal plants are often used as an additive to the main diets of quails (Alagawany et. al., 2020; Bian et. al., 2020). For example, *Spirulina platensis*

showed a tendency to increase Lactobacilli in caecum when added to the quail's diet (Yusuf et. al, 2016). Using Glycyrrhiza glabra at levels of 250, 500, 750, and 1000 mg/kg diet decreased the number of the total bacteria, coliforms, E. coli, and Salmonella (Reda et. al., 2020). Adding 4 mL/kg purslane (Portulaca oleracea) extract in Japanese quail diet contributed to the reduction of the caecal TBC, TYMC, E. coli, coliform, and Enterococcus spp. by 74, 66, 45, 49 and 63%, respectively. It also increased population lactobacilli in the cecum by 70% (Abd El-Hack et al. 2022).

Some authors suggest using essential oils as the alternatives to the antibiotics (Bian et al., 2018; El-Tarabily et al., 2021; Kürekci et al., 2021; Safwat et al., 2021). The red pepper oil and licorice can be used as a method of antibacterial and antiviral prophylaxis, as well as a growth stimulant. Quails, which fed diets supplemented with red pepper oil, had decreased TBC, Lactobacilli, coliform, E. coli, and Salmonella colonisation in the caecum (Reda et. al., 2021). The antimicrobial effects of the red pepper capsinoids were confirmed by Kozukue et al. (2005) (Kozukue et al., 2005). Among the effects of the essential oils on the quail microbiome, there are reports of ajwain essential oil used in the feeding of quails, which helped to increase the caecal Lactobacili (Hajiaghapour et al., 2018).

References:

1. Haas, V., Vollmar, S., Preuß, S. et al. Composition of the ileum microbiota is a mediator between the host genome and phosphorus utilization and other efficiency traits in Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Genet Sel Evol* 54, 20 (2022).
2. Liu S, Bennett DC, Tun HM, Kim J-E, Cheng KM, Zhang H and Leung FC (2015) The effect of diet and host genotype on ceca microbiota of Japanese quail fed a cholesterol enriched diet. *Front. Microbiol.* 6:1092.
3. Liu, S., Tun, H.M., Leung, F.C. et al. Interaction of genotype and diet on small intestine microbiota of Japanese quail fed a cholesterol enriched diet. *Sci Rep* 8, 2381 (2018).
4. Lyte, J.M., Keane, J., Eckenberger, J. et al. Japanese quail (*Coturnix japonica*) as a novel model to study the relationship between the avian microbiome and microbial endocrinology-based host-microbe interactions. *Microbiome* 9, 38 (2021).
5. Ma J-E, Xiong X-W, Xu J-G, Gong J-S, Li J, Xu Q, Li Y-F, Yang Y-B, Zhou M, Zhu X-N, Tan Y-W, Sheng W-T, Wang Z-F, Tu X-T, Zeng C-Y, Zhang X-Q and Rao Y-S (2021) Metagenomic Analysis Identifies Sex-Related Cecal Microbial Gene Functions and Bacterial Taxa in the Quail. *Front. Vet. Sci.* 8:693755.
6. Solveig Vollmar, Robin Wellmann, Daniel Borda-Molina, Markus Rodehutschord, Amélia Camarinha-Silva, Jörn Bennewitz, *The Gut Microbial Architecture of Efficiency Traits in the Domestic Poultry Model Species Japanese Quail (Coturnix japonica) Assessed by Mixed Linear Models*, *G3 Genes|Genomes|Genetics*, Volume 10, Issue 7, 1 July 2020, Pages 2553–2562.
7. Wilkinson, N., Hughes, R.J., Aspden, W.J. et al. The gastrointestinal tract

microbiota of the Japanese quail, Coturnix japonica . Appl Microbiol Biotechnol 100, 4201–4209 (2016).

TEMPERATURE AND VISCOSITY EFFECTS ON FLUORESCENCE: IMPLICATIONS FOR AGGREGATION-INDUCED EMISSION

Korotkova I.V. (Poltava)

The phenomenon of aggregation-induced emission, in which the main role belongs to particles whose molecules are not prone to radiation and become emissive when aggregates are formed, was first described in 2001 by Tang et al. [1]. Several mechanisms have been hypothesized to explain aggregation-induced emission (AIE). A mechanistic picture for the AIE process can be represented as restriction of dynamic intramolecular motions, namely, low-frequency vibrational and rotation modes of energy reorganization involved in the nonradiative dissipation of the excited state energy of an AIE luminogen [2]. The efficiency of radiative channels for the dissipation of electronic excitation energy and emission intensity is enhanced due to restriction of such motion. Whether a luminogen will possess an AIE effect depends largely on the conformational flexibility and amplitude of the motions of its molecules. The quenching of the emission of solutions is a key factor in the AIE of a structurally-flexible luminogen, which is the result of the consumption of energy required to perform intramolecular motions. AIE luminogens, as a rule, are nonplanar molecules not displaying luminescent properties as isolated molecules. Thus, it was considered until recently that a poor light emitter in the dissolved state cannot emit efficiently in the solid state. However, AIE shows that this concept is not always correct. A weak emitter in a dilute solution can be an efficient emitter in the solid state. This finding expands the scope of the search for efficient light-emitting materials, which may be employed in devices for various purposes [3, 4].

Realization of all these mechanisms reduces predominantly to restriction to molecular motion such as rotation, vibration, and conformational change such that the

nonradiative changes for the degradation of excitation energy is blocked and self-quenching is suppressed due to the effect of the medium (change in the solvent nature, viscosity, and temperature), which results in the formation of aggregates with bright emission.

The influence of temperature on fluorescence intensity, as well as the mechanism of fluorescence quenching in solutions of polyatomic heteroaromatic molecules, has been described in several of our previous studies [5-7]. However, the variation in fluorescence intensity at the same temperature cannot always be explained only by the temperature dependence of intramolecular energy degradation of the excited electronic state. The medium viscosity also has a certain effect on the development of fluorescence, which, in the first approximation, can be described by the following equation: $k_{fl} = \text{const}(T/\eta^{1/4})$. The fluorescence study dependence of the temperature and solvent viscosity for a number of compounds – 3,4-benzocoumarin, 1,3-dimethylindazole, anthracene, isoquinoline, benzoquinoline, coumarin 47, coumarin 102, and coumarin 120 showed that the temperature range of change in the quantum yield of fluorescence for different molecules according to the presented formula may differ, which is due to the different sensitivity of the molecules electronic structure to the polarity and viscosity of the solvent. This is due to the fact that molecules exhibit different sensitivity to the polarity and viscosity of the solvent.

Turning to the mechanism underlying the dependence of fluorescence intensity on the viscosity of the medium, it can be confidently stated that it is the level inversion mechanism proposed by us in [8]. Both temperature and solvent viscosity influence the energy gap between the lowest singlet and triplet states, which, in turn, determines the probability of intersystem crossing between these states. The likelihood of this mechanism can be evaluated based on the absorption spectra. Our experimental results indicate that a shift in the maximum of the long-wavelength absorption band upon temperature decrease is indicative of the level inversion mechanism.

Thus, the change in fluorescence intensity of molecules caused by aggregation is determined by the relative positions of the energy levels of the lowest electronically excited states. This mechanism can be used to explain aggregation-induced emission (AIE) in various compounds whose fluorescence is associated with the presence of excited states of different nature ($\pi-\pi^*$ and $n-\pi^*$) and multiplicity.

References:

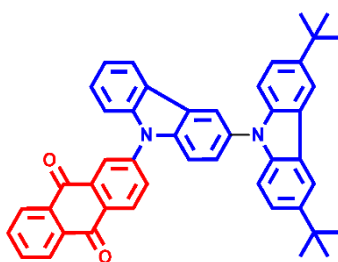
1. Luo J., Xie Z., Lam J.W., Tang B.Z. Aggregation-induced emission of 1-methyl-1,2,3,4,5-pentaphenylsilole. *Chem Commun (Camb)*. 2001. 18, 1740-1741.
2. Mei J., Leung N.L., Kwok R.T., Lam J.W., Tang B.Z. Aggregation-Induced Emission: Together We Shine, United We Soar! *Chem Rev*. 2015. 115(21), 11718-11940.
3. Korneev O.V., Sakhno T.V., Korotkova I.V. Nanoparticles-based photosensitizers with effect of aggregation-induced emission. *Biopolymers and Cell*. 2019. 35(4). 249–267.
4. Granchak V.M., Sakhno T.V., Korotkova I.V., et al. Aggregation-induced emission in organic nanoparticles: properties and applications: a review. *Theoretical and Experimental Chemistry*. 2018. 54(3), 147–177.
5. Sakhno T.V., Korotkova I.V., Khakhel' O.A. A possible mechanism of coumarin derivatives fluorescence quenching. *Functional Materials*. 1996. 3(4). 502-505.
6. Korotkova I.V., Sakhno T.V., Barashkov N.N. Theoretical study of radiationless deactivation of a series of coumarin derivatives. *Theoretical and Experimental Chemistry*. 1997. 33(2), 90–94.
7. Сахно Т.В., Короткова И.В. Теоретическое исследование влияния среды на электронное строение производных кумарина и хинолина. *Вісник Харківського університету*. 1999. № 434. Біофізичний вісник, Вип.3(1), С.46-50.
8. Сахно Т.В., Короткова И.В., Хакель О.А. *Theoretical and Experimental Chemistry*. 1996. 32(4), 247-250.

КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОНІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ FTIR СПЕКТРІВ

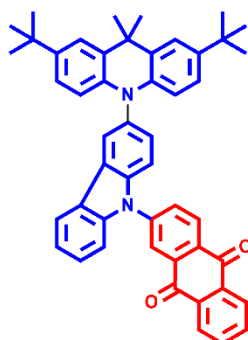
Мінаєва В.О., Мінаєв Б.П.(м. Черкаси), Стахіра П.Й., Дева Л.Р. (м. Львів)

Панченко О.О. (м. Черкаси)

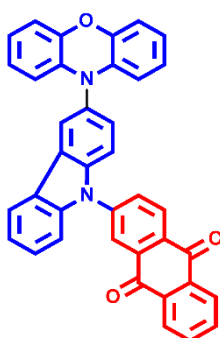
У роботі представлено FTIR спектри трьох нових матеріалів, чутливих до ближнього інфрачервоного випромінювання (NIR), для виготовлення фотоприймачів, які забезпечують електричну реєстрацію ближньої інфрачервоної області випромінювання: 2-(3',6'-ди-*трет*-бутил-9H-[3,9'-бікарбазол]-9-іл)антрацен-9,10-діон (**AnCzDCz**), 2-(3-(2,7-ди-*трет*-бутил-9,9-диметилакридин-10(9H)-іл)-9H-карбазол-9-іл)антрацен-9,10-діон (**AnCzAc**), 2-(3-(10H-феноксазин-10-іл)-9H-карбазол-9-іл)антрацен-9,10-діон (**AnCzPO**) (Рис. 1).



AnCzDCz



AnCzAc

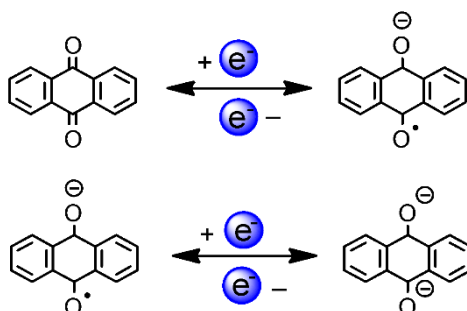


AnCzPO

Рис. 1. Структурні формули досліджуваних сполук **AnCzDCz**, **AnCzAc**, **AnCzPO**, які є комплексами антрахінона (An) з карбазолом (Cz) та допоміжними донорами: диметилкарбазолом (DCz), акридином (Ac) та феноксазином (PO)

Ці комплексні сполуки були синтезовані методом перехресного приєднання Бухвальда-Хартвіга 2-хлороантрахінона з 9H-карбазолом; отриману сполуку AnCz бромовано в м'яких умовах, використовуючи N-бромосукцинімід, з утворенням монобромованого проміжного продукту AnCzBr. Далі кінцеві сполуки були синтезовані за допомогою реакцій перехресного приєднання Бухвальда-Гартвіга з кожним допоміжним донором. Термічну стабільність

синтезованих сполук вивчали методом термогравіметричного аналізу і скануючої калориметрії; не було виявлено сигналів ні плавлення, ні кристалізації. Всі синтезовані сполуки добре розчиняються у звичайних органічних розчинниках, таких як дихлорметан, толуол, ацетон, етилацетат тощо. Електровідновлення цих сполук на основі антрахінону включає оборотний процес двоелектронного перенесення завдяки наявності двох карбонільних фрагментів у структурі антрахінону:



Ап фрагмент є сильним акцептором і визначає нижню вакантну молекулярну орбіталь (НВМО) у всіх сполуках. Початок першого піку відновлення при катодному скануванні становив -1.38 , -1.35 і -1.34 В, що відповідало малим зсувам енергії НВМО антрахінону.

Частоти коливань (у формі хвильових чисел) і відповідні інтенсивності ІЧ-поглинання були оцінені методом DFT B3LYP [1] через градієнти повної енергії, дипольні моменти та через обчислення силових констант. Виявлено, що частоти коливань усіх нормальних мод є реальними, що вказує на те, що було досягнуто істинного мінімуму багатовимірної поверхні потенційної енергії (MDPES). Порівняння ІЧ-спектру, розрахованого за допомогою DFT, і експериментальних смуг поглинання дуже добре узгоджуються. Найкраще узгодження між експериментальним і розрахованим інфрачервоним спектром може бути досягнуто шляхом реалізації трьох близьких значень масштабуючих коефіцієнтів для різних типів коливань. Ми використали масштабуючий параметр 0,950 для високочастотної області валентних мод C–H, 0,97 – для валентних коливань C=C і C–N і 0,98 – для решти ІЧ-спектру. Слід зазначити, що

подібні масштабуючі коефіцієнти часто використовуються в інших дослідженнях для відповідних частин ІЧ-спектру [2].

У розрахованих ІЧ спектрах поглинання валентних коливань С–Н ароматичних кілець має вигляд складної смуги в області 3070–3027 cm^{-1} , в якій пік при 3063 cm^{-1} належить симетричним коливанням С–Н зв'язків фенільних кілець антрахінонового фрагмента (експ. також 3063 cm^{-1}). Сумарна інтенсивність асиметричних коливань С–Н є вищою для сполуки **AnCzPO** порівняно зі сполуками **AnCzDCz** та **AnCzAc** за рахунок ІЧ смуги 3055 cm^{-1} у феноксазиновому фрагменті (Рис. 2, криві 5, 6).

Сильніша смуга поглинання при 2960 cm^{-1} в розрахованому та експериментальному спектрах сполуки **AnCzDCz** та при 2968 cm^{-1} сполуки **AnCzAc** була віднесена нами до асиметричних валентних коливань С–Н зв'язків метильних груп (Рис. 2, криві 1–4). Симетричні валентні коливання С–Н метильних груп утворюють слабші смуги в області 2903–2884 cm^{-1} . Розраховані області поглинання валентних коливань С–Н ароматичних кілець, асиметричних і симетричних коливань метильних груп молекул **AnCzDCz**, **AnCzAc** і **AnCzPO** відповідають характеристичним груповим частотам [3] і добре узгоджуються з експериментом (Рис. 2).

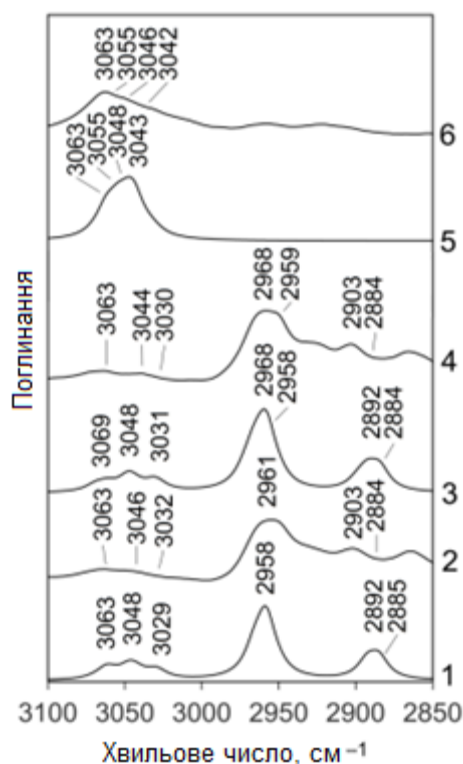


Рис. 2. ІЧ-спектри поглинання сполук AnCzDCz, AnCzAc та AnCzPO у височастотній області ($3100\text{--}2850\text{ см}^{-1}$): крива 1 – ІЧ-спектр молекули AnCzDCz, розрахований у вакуумі; крива 2 – експериментальний ІЧ-спектр сполуки AnCzDCz; крива 3 – ІЧ-спектр молекули AnCzAc, розрахований у вакуумі; крива 4 – експериментальний ІЧ-спектр сполуки AnCzAc; 5 – ІЧ-спектр молекули AnCzPO, розрахований у вакуумі; крива 6 – експериментальний ІЧ-спектр сполуки AnCzPO

Розраховані та експериментальні ІЧ спектри досліджуваних сполук в області $1700\text{--}500\text{ см}^{-1}$ наведено на Рис. 3.

У розрахованих ІЧ-спектрах для всіх молекул досліджуваних сполук в області середніх частот ($1750\text{--}500\text{ см}^{-1}$) спостерігається смуга поглинання $\text{C}=\text{O}$ зв'язку хінонового фрагмента з інтенсивністю вище середньої при 1685 см^{-1} (експ.: 1676 см^{-1}). ІЧ-смуги при 1594 см^{-1} (експ.: 1593 см^{-1}) ми віднесли до симетричних валентних коливань ароматичних $\text{--C}=\text{C--}$ зв'язків фенільних кілець антрахінонового фрагмента (експ.: 1588 см^{-1}). Вони мають внески від коливань зв'язків $\text{C}=\text{O}$ та C--C(O) у хіноновому фрагменті і мають дещо вищу інтенсивність порівняно зі смугою $\text{C}=\text{O}$.

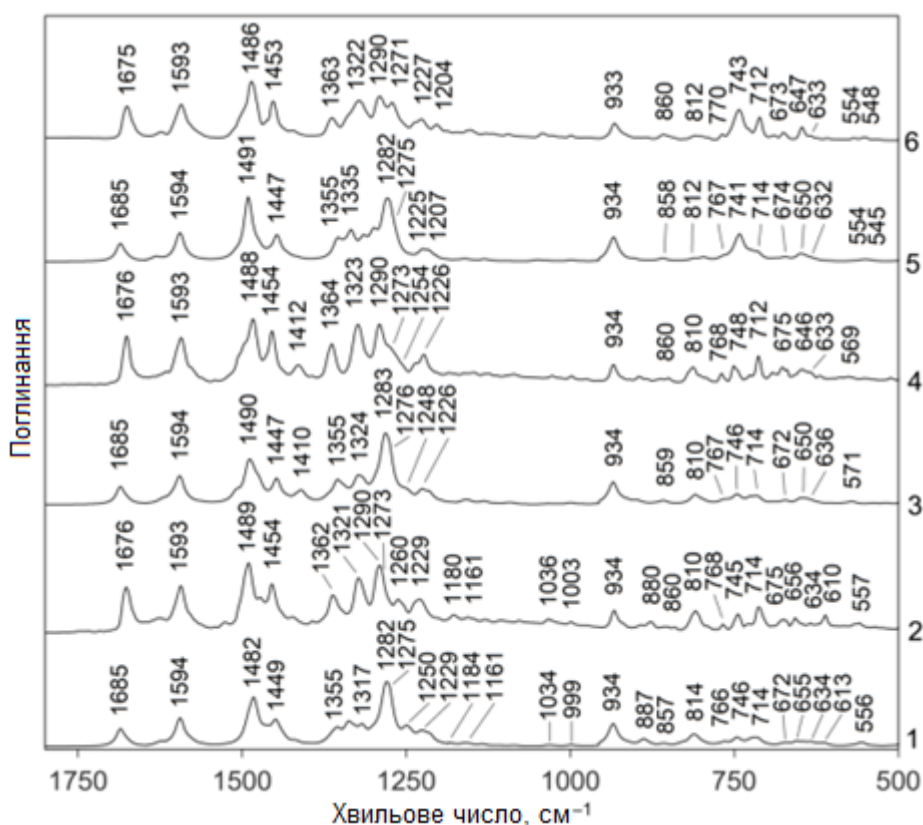


Рис. 3. ІЧ-спектри поглинання сполук **AnCzDCz**, **AnCzAc** та **AnCzPO** в області 1700–500 см⁻¹
¹: крива 1 – ІЧ-спектр молекули **AnCzDCz**, розрахований у вакуумі; крива 2 – експериментальний ІЧ-спектр сполуки **AnCzDCz**; крива 3 – ІЧ-спектр молекули **AnCzAc**, розрахований у вакуумі; крива 4 – експериментальний ІЧ-спектр сполуки **AnCzAc**; 5 – ІЧ-спектр молекули **AnCzPO**, розрахований у вакуумі; крива 6 – експериментальний ІЧ-спектр сполуки **AnCzPO**

Сильна експериментальна смуга при 1490 см⁻¹ належить асиметричним валентним коливанням ароматичних –C=C– зв’язків, які виникають одночасно з асиметричними валентними коливаннями С–N зв’язків. Походження цієї смуги відрізняється для різних сполук. Так, наші розрахунки показують, що максимальна інтенсивність –C=C– і С–N коливань для сполуки **AnCzDCz** спостерігається в карбазольному фрагменті ($I = 339$ км/моль), для **AnCzAc** – в ди-*трет*-бутил-диметилакридиновому фрагменті ($I = 210$ км/моль), а для **AnCzPO** – в фенооксазиновому фрагменті ($I = 630$ км/моль). Вищу інтенсивність цієї смуги в ІЧ-спектрі сполуки **AnCzPO** ми пов’язуємо з наявністю внеску від асиметричних валентних коливань одинарних зв’язків С–О оксазинового фрагмента. Такий самий тип коливань з частотою біля 1450 см⁻¹ спостерігається

в карбазольному фрагменті всіх досліджених сполук (Рис. 3). Асиметричні – $C=C$ – коливання типу Кекуле дають ІЧ смуги середньої інтенсивності поблизу 1360 і 1320 см^{-1} , однак розрахована інтенсивність поглинання менша за експериментально спостережувану. Смуги коливань Кекуле також мають внесок валентних $C-N$ коливань.

Найсильніша експериментальна смуга при 1290 см^{-1} з плечем праворуч при 1273 (або 1271) см^{-1} віднесена нами до асиметричних валентних $C-C(O)$ коливань в хіноновому фрагменті антрахінону (який також називають антрацендіоном). Маятникові коливання метильних груп дають слабку експериментальну ІЧ-смугу при 1260 см^{-1} (розр.: 1250 см^{-1}) у сполуці **AnCzDCz** і нижнє плече праворуч при 1254 см^{-1} (розр.: 1248 см^{-1}) на смузі з максимумом 1290 см^{-1} в ІЧ-спектрі сполуки **AnCzAc**. Правильність віднесення цієї смуги підтверджується її відсутністю в ІЧ-спектрі сполуки **AnCzPO**, оскільки ця сполука взагалі не містить метильних груп.

Деформаційні площинні коливання ароматичних CH груп розраховано в діапазоні $1300-999\text{ см}^{-1}$. Слабка смуга в експериментальних і розрахованих ІЧ-спектрах при 934 см^{-1} для всіх досліджених сполук пов'язана з дихальними (пульсаційними) коливаннями фенільних кілець антрахінонового фрагмента. Слабкі експериментальні та розраховані ІЧ-смуги при 860 , 810 та 745 см^{-1} належать позаплощинним деформаційним коливанням ароматичних $=CH$ груп, при 770 , 714 , 675 , 650 та 555 см^{-1} – позаплощинним коливанням фенільних кілець, при 634 см^{-1} – площинним деформаціям фенільних кілець (Рис. 3). Смуга позаплощинних коливань фенільних кілець у феноксазиновому фрагменті сполуки **AnCzPO**, розрахована при 741 см^{-1} , накладається на слабшу смугу при 747 см^{-1} , що належить симетричним позаплощинним коливанням $=CH$ у карбазольному фрагменті; результуюча смуга в експериментальному спектрі спостерігається при 743 см^{-1} .

Таким чином, порівняння розрахованих частот і форм коливань з експериментальними ІЧ спектрами дало змогу не тільки підтвердити хімічну структуру синтезованих сполук, а й також відкрити сокровенні деталі взаємозв'язку складного каркасу великих молекул із просторовим розташуванням їхніх ароматичних кілець під різними кутами. Силове поле молекул, зазначених на Рис. 1, дуже складне і його повний розрахунок з перших принципів квантової механіки є значним досягненням сучасної аналітичної хімії.

Список використаних джерел:

1. Lee, C., Yang, W., Parr, R. G. Development of the Colle-Salvetti correlation-energy formula into a functional of the electron density. *Phys. Rev. B Condens. Matter.* 1988. Vol. 37. P.785–789.
2. Scott, A. P.; Radom, L. Harmonic Vibrational Frequencies: An Evaluation of Hartree-Fock, Møller-Plesset, Quadratic Configuration Interaction, Density Functional Theory, and Semiempirical Scale Factors. *J. Phys. Chem.* 1996. Vol. 100, No 41. P. 16502–16513.
3. Socrates, G. *Infrared Raman Characteristic Group Frequencies – Tables and Charts*, 3rd ed. J. Wiley&Sons, Chichester. 2001.

ВПЛИВ СПІН-ОРБІТАЛЬНОЇ ВЗАЄМОДІЇ НА ГАСІННЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ АМІНОКИСЛОТ

Мінаєв Б. П., Сухина М. С. (м. Черкаси)

Спін-орбітальна взаємодія – фундаментальний квантовий механізм, який керує великою кількістю біохімічних процесів: від зв'язування кисню гемоглобіном до хемілюмінесценції світляків. В останні роки багато лабораторій досліджують це явище та пояснюють процеси у біологічних системах, які раніше не були відомими. У нашому дослідженні розглянуто та детально вивчено вплив спін-орбітальної взаємодії (COV) як основного чинника процесу гасіння флуоресценції амінокислот – структурних одиниць білків. Використовуючи програмне забезпечення Orca 5.0.4 [1], метод теорії функціонала густини залежної від часу (TD-DFT) із включенням збурення COV, у представленій роботі розглядається комплексний підхід до вивчення механізму гасіння флуоресценції амінокислот, на прикладі триптофану, через COV та електронно-коливальну (вібронну) взаємодію. Отримані результати дали змогу кількісно

описати енергетичні характеристики збуджених станів таких амінокислот як метіонін, гліцин, цистеїн, триптофан та виявити квантові фактори, що сприяють втраті їхніх люмінесцентних властивостей. Для правильної характеристики триплетних спектрів необхідний одночасний аналіз електро-дипольного та спин-орбітальних зв'язків, а в складних випадках навіть треба включати аналіз вібронних збурень [2]

Згідно з результатами, більші інтеграли COV характерні для сірковмісних амінокислот. Для метіоніну $\langle T_1 | H_{SO} | S_0 \rangle$ становить $116,7 \text{ см}^{-1}$, а для цистеїну – $90,9 \text{ см}^{-1}$, у той час як для гліцину та триптофану інтеграли рівні $16,9 \text{ см}^{-1}$ та $0,8 \text{ см}^{-1}$ відповідно. Отже, COV є чинником, який суттєво залежить від наявності важких елементів та підвищує ймовірність міжсистемного переходу, що є одним із каналом гасіння флуоресценції. Таке посилення безпосередньо сприяє ефективному нерадіаційному гасінню збуджених станів за рахунок коливальної релаксації та внутрішньої конверсії. Геометричні деформації між оптимізованими S_0 і T_1 , зокрема, сірковмісних метіоніну та цистеїну, сприяють сильному перекриттю Франка-Кондона та збільшують розсіювання енергії через внутрішньомолекулярні коливальні моди. Отже, фосфоресценція збуджених станів таких молекул, як передбачалося, буде ефективно пригнічена.

Найінтенсивніша вібронна смуга фосфоресценції гліцину (вертикальний перехід $T_1 \rightarrow S_0$) має досить довгий радіаційний час життя $\tau = 0.017 \text{ с}$. Великий стоксівський зсув 355.4 нм і мала енергетична щільність для випромінювання легко передбачають ефективне нерадіаційне гасіння фосфоресценції гліцину з урахуванням параметрів Хуан-Ріса позаплощинних коливань ($y = 0.57, 0.32$ і 0.41) для активних мод $\nu_7 = 556$, $\nu_8 = 590$ і $\nu_{12} = 1123 \text{ см}^{-1}$. Це підтверджує механізм гасіння фосфоресценції за рахунок передачі енергії внутрішньомолекулярним коливанням, включаючи взаємне закручування всіх функціональних груп, коливальні та ножичні рухи. Оскільки синглетний стан S_1 орбітально подібний до найнижчого триплету, їхня структура та вібраційна картина також можуть

бути подібними. Згідно з цими оцінками, гліцин не може продукувати фотоемісію, і вся поглинута ультрафіолетова енергія повинна бути передана у взаємно утруднене обертання його функціональних груп.

Триптофан – амінокислота, яка є особливо цікавою, оскільки має високу концентрацію у клітинах (близько 3% у мембранах) та має високий квантовий вихід флуоресценції (0,2) [3]. Ця амінокислота використовується для дослідження динаміки білків та відома своєю флуоресцентною емісією. Проте ніколи не повідомлялося про її гасіння. Енергетична характеристика збуджених станів триптофану є чутливою до полярності середовища: розміщення S_1 і S_2 станів змінюється, що впливає на ймовірність синглет-триплетного переходу. Це пояснює варіації флуоресценції триптофану в білках залежно від складу середовища.

У табл. 5 наведено результати для вертикального спектра поглинання триптофану при геометрії основного стану S_0 для синглетних і триплетних збуджених станів з урахуванням збурення COV.

Таблиця 1

Результати TD-DFT для вертикального спектра поглинання триптофану в основній геометрії стану S_0

Стан	λ , нм	f	Конфігураційна функція стану	ΔE , eV
T ₁	370.1	$2.60 \cdot 10^{-8}$	-0.95(54-55)-0.15(52-55)-0.13(53-60)	3.35
T ₂	276.9	$3.74 \cdot 10^{-9}$	-0.94(53-55)+0.16(53-56)	4.04
T ₃	269.0	$2.56 \cdot 10^{-7}$	0.60(54-56)-0.32(51-55)-0.43(54-60)	4.48
S ₁	266.0	0.0842	0.89(54-55)-0.26(54-56)+0.19(53-60)	4.61
S ₂	266.7	0.0070	0.95(54-56)+0.24(54-55)	4.65
S ₃	256.7	0.0317	0.68(53-55)+0.40(54-57)	4.83
S ₄	255.1	0.0143	-0.86(54-57)+0.32(53-55)	4.86
S ₅	246.0	0.0142	+0.91(54-58)+0.21(54-59)	5.04
S ₆	240.8	0.0041	0.96(54-59)+0.19(54-58)-0.13(53-56)	5.15
S ₇	236.6	0.0032	-0.89(53-57)+0.35(52-55)	5.24
S ₈	236.2	0.0047	-0.86(52-55)-0.35(53-56)-0.21(52-57)	5.25

S_9	227.9	0.0069	0.95(54-61)-0.20(54-58)	5.44
-------	-------	--------	-------------------------	------

Згідно з результатами, розрахована сила осцилятора для $S_0 \rightarrow S_1$ становить $f=0,08$, що досить добре узгоджується з практичними результатами ($\epsilon=5600$ л/моль·см) [4]. Критичним фактором є $\pi \rightarrow \pi^*$ характер його T_1 стану, який тісно співпадає з S_1 станом і включає важливий компонент перенесення заряду, що походить від аміногрупи до індольного кільця. Цей характер переносу заряду надає ненульовий матричний елемент COV, тим самим забезпечуючи перехід $S_0 \rightarrow T_1$ за певних умов навколишнього середовища. Хоча пряме виявлення T_1 поглинання триптофану залишається малоімовірним через надзвичайно низьку силу осцилятора, тривалий час життя цього стану ($=0,079$ с) у поєднанні з його електронною структурою робить його ймовірним проміжним етапом у процесах нерадіаційного розпаду. Ці висновки мають значення не лише для гасіння флуоресценції, але й для фотоокислювального пошкодження, явищ перенесення енергії та фотостабільності білків у біологічних системах.

Отже, ця робота демонструє, що спіно-орбітальний зв'язок є ключовим фактором, який визначає поведінку флуоресценції білків під дією ультрафіолетового опромінення. У той час як аліфатичні амінокислоти демонструють яскраво виражену силу COV, зумовлену атомами сірки, ароматичні залишки, такі як триптофан, також схильні до гасіння флуоресценції за допомогою спіно-орбітальної взаємодії. Ці результати розширюють сучасне розуміння фотофізики білків і пропонують нові шляхи для контролю та інтерпретації флуоресценції білків у спектроскопічному та фотобіологічному контекстах.

У підсумку, дослідження демонструє, що спіно-орбітальна взаємодія є визначальним фактором у фотофізиці амінокислот, формуючи канали енергетичної релаксації, які конкурентно впливають на флуоресценцію та

фосфоресценцію. Залежно від складу, структури та навколишнього середовища амінокислоти можуть проявляти або пригнічувати флуоресцентну активність. Особливо важливо це для триптофану, оскільки його флуоресценція широко використовується як спектроскопічний індикатор у біохімії та молекулярній біофізиці.

Список використаних джерел:

1. F. Neese, Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science, 2012. Vol. 2. P. 73-78.
2. Minaev, B. F., Knuts, S., Ågren, H., & Vahtras, O. (1993). The vibronically induced phosphorescence in benzene. Chemical physics. 1993. Vol. 175, No 2-3. P. 245-254.
3. C. J. Fossum, B. O. V. Johnson, S.T. Colde, et al. Insights into the Mechanism of Tryptophan Fluorescence Quenching due to Synthetic Crowding Agents: A Combined Experimental and Computational Study. ACS Omega 2023. Vol. 8. P. 44820–44830.
4. Teale, F.W.J.; Weber, G. Ultraviolet fluorescence of the aromatic amino acids. Biochem. J. 1957. Vol. 65. P. 476–482.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ СИНТЕЗУ КОМПЛЕКСУ ФІТОГОРМОНІВ І ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН З ВИСОКОЮ АНТИМІКРОБНОЮ АКТИВНІСТЮ ЩОДО ФІТОПАТОГЕННИХ БАКТЕРІЙ

Пирог Т.П., П'ятецька Д.В., Леонова Н.О., Шевчук Т.А. (м. Київ)

На сучасному етапі на зміну класичним монобіотехнологіям, основним постулатом яких є «один продуцент – один вуглецевий субстрат – один цільовий продукт» приходять так звані «інтегровані біотехнології» (один продуцент – один або кілька вуглецевих субстратів – кілька цільових продуктів). Разом з тим здатність багатьох мікроорганізмів синтезувати кілька метаболітів з різноманітними біологічними властивостями значно розширює область їх практичного використання [1]. У сучасних умовах актуальності набувають комплексні мікробні препарати для рослинництва, яким притаманна ріст-стимулювальна та антимікробна активність завдяки наявності у їх складі фітогормонів та поверхнево-активних речовин (ПАР) відповідно [2–5]. Виробництво таких препаратів стримується високими витратами на біосинтез та невисокою концентрацією фітогормонів у культуральній рідині.

Одним із шляхів, який може використовуватися для інтенсифікації синтезу цільових продуктів, є внесення у середовище культивування продуцента екзогенних попередників біосинтезу. Для фітогормонів ауксинової природи таким попередником є триптофан [5–8]. Крім того, одним з шляхів підвищення ефективності інтегрованих мікробних технологій є використання як субстратів дешевих і наявних у великих кількостях промислових відходів (відпрацьованої олії та відходів виробництва біодизелю).

Мета даної роботи – розробка на основі промислових відходів ефективної технології синтезу фітогормонів та поверхнево-активних речовин *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, *Nocardia vaccinii* IMB B-7405 і *Rhodococcus erythropolis* IMB Ac-5017 для використання у рослинництві.

Культивування штамів-продуцентів здійснювали у рідких мінеральних середовищах з рафінованою та відпрацьованою соняшниковою олією, а також відходами виробництва біодизелю (2 %, об'ємна частка) як джерелами вуглецю. У середовище додатково вносили 100-300 мг/л триптофану (попередник біосинтезу фітогормонів ауксинів) у вигляді 1 % розчину. Концентрацію ауксинів визначали методом високоефективної рідинної хроматографії, поверхнево-активних речовин – ваговим методом після екстракції з супернатанту модифікованою сумішшю Фолча. Антимікробну активність ПАР аналізували за показником мінімальної інгібуючої концентрації (МІК). Як фітопатогенні бактерії використовували штами з Української колекції мікроорганізмів (УКМ): *Pseudomonas syringae* УКМ B-1027, *Agrobacterium tumefaciens* УКМ B-1000, *Pectobacterium carotovorum* УКМ B-1095, а також штами з колекції відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України: *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* IMB-102, *Xanthomonas vesicatoria* IMB-9098. Штами фітопатогенних бактерій люб'язно надані співробітниками відділу

фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

Вегетаційні досліді проводили з використанням рослин томатів; аналізували кількість плодів та їх вагу. Визначення захисної дії ПАР проти бактеріозів томатів здійснювали методом відокремленого листа.

Встановлено можливість підвищення на кілька порядків концентрації фітогормонів ауксинової природи за наявності у середовищі, в якому культивували продуцентів поверхнево-активних речовин *A. calcoaceticus* IMB B-7241, *N. vaccinii* IMB B-7405 і *R. erythropolis* IMB Ac-5017, з токсичними промисловими відходами (відпрацьована олія, відходи виробництва біодизелю) невисоких концентрацій триптофану - екзогенного попередника їх біосинтезу.

Внесення у середовище, в якому культивували *A. calcoaceticus* IMB B-7241, *R. erythropolis* IMB Ac-5017 й *N. vaccinii* IMB B-7405 0,3 г/л триптофану супроподжувалося інтенсифікацією синтезу ауксинів у 27, 243 та 438 разів відповідно. Максимальний синтез ауксинів *R. erythropolis* IMB Ac-5017, *N. vaccinii* IMB B-7405, а також *A. calcoaceticus* IMB B-7241 досягався за концентрації триптофану 300 мг/л. Найвища концентрація ауксинів, синтезованих штамами IMB B-7405, IMB Ac-5017 і IMB B-7241 становила 5806, 5634 і 4851 мкг/мл відповідно, у той час як без триптофану не перевищувала 13–175 мкг/мл.

Показано, що екзогенний триптофан залучається до біосинтезу ауксинів у досліджуваних продуцентів поверхнево-активних речовин через індол-3-піруватний шлях: активність триптофантрансамінази (вона є одним із ключових ферментів шляху синтезу індол-3-оцтової кислоти, який каталізує реакцію між триптофаном і 2-оксоглутаратом з утворенням індол-3-піровиноградної кислоти) підвищувалася у 2,3-5,4 разів порівняно з вирощуванням без попередника. У процесі культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241, *N. vaccinii* IMB B-7405 і *R. erythropolis* IMB Ac-5017 у середовищі без триптофану активність становила

138–163 нмоль·хв⁻¹·мг⁻¹ білка, а за наявності попередника підвищувалася у в 3,8–5,1 разів (до 526–833 нмоль·хв⁻¹·мг⁻¹ білка).

Встановлено, що наявність триптофану у середовищі культивування *A. calcoaceticus* IMB B-7241, *N. vaccinii* IMB B-7405 й *R. erythropolis* IMB Ac-5017 не впливала на синтез поверхнево-активних речовин, а їх антимікробна активність щодо фітопатогенних бактерій або підвищувалася, або залишалася без змін порівняно з встановленою для препаратів, синтезованих без попередника біосинтезу ауксинів. Концентрація ПАР, утворених *R. erythropolis* IMB Ac-5017, *N. vaccinii* IMB B-7405, а також *A. calcoaceticus* IMB B-7241, перебувала в межах 1,50–1,90 г/л незалежно від наявності триптофану в середовищі культивування. За наявності 300 мг/л триптофану в середовищі культивування штамів IMB B-7405 і IMB Ac-5017 мінімальні інгібуючі концентрації щодо фітопатогенних бактерій становили всього 0,7–45 мкг/мл, у той час як без триптофану були у 2–4 рази вищими.

Показано, що збільшення антимікробної активності поверхнево-активних речовин штамів *N. vaccinii* IMB B-7405 й *R. erythropolis* IMB Ac-5017 корелювало із збільшенням в клітинах цих штамів НАДФ⁺-залежної глутаматдегідрогеназної активності – ключового ферменту біосинтезу аміноліпідів, які відповідають за антимікробну дію комплексу поверхнево-активних речовин.

Встановлено, що обробка томатів, перцю та ячменю культуральною рідиною, супернатантом та фітогормональними екстрактами *N. vaccinii* IMB B-7405, *A. calcoaceticus* IMB B-7241, а також *R. erythropolis* IMB Ac-5017 супроводжувалася стимуляцією росту та розвитку рослин. Найвищий приріст врожаю (+83%) досягався за обробки насіння ячменю розведеним у 20 разів супернатантом штаму *R. erythropolis* IMB Ac-5017. Найбільший приріст сумарної ваги плодів при обробці кореневої системи рослин томатів (+145%) спостерігали за обробки фітогормональними екстрактами *A. calcoaceticus* IMB B-7241 (розведення 1:3000), а при обробці кореневої системи перців (+77%) – за

обробки фітогормональними екстрактами *N. vaccinii* ІМВ В-7405 (розведення 1:10000).

Здатність ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405 до біоконтролю чисельності фітопатогенних бактерій встановлено не лише у дослідженнях *in vitro*, але й *in vivo*. На обробленому розчинами ПАР листі вегетативних рослин томатів, ураженому збудниками їх бактеріозів, упродовж 7 діб не було виявлено жодних проявів захворювання, у той же час ступінь ураження фітопатогенами необробленого листа становив від 8 до 50%.

Показано, що за обробки рослин томатів екзометаболітами *N. vaccinii* ІМВ В-7405, синтезованими за наявності триптофану, підвищувалися показники врожайності: найбільший приріст як загальної ваги томатів (82-91 %), так і середньої ваги плоду (12–18%) спостерігали у випадку використання супернатанту і культуральної рідини, розведених у 400 разів.

Отримані дані свідчать про значний потенціал використання комплексних препаратів, які містять поверхнево-активні речовини та фітогормони, у сільському господарстві. Ці препарати можуть успішно застосовуватися для стимуляції росту сільськогосподарських культур та контролю чисельності фітопатогенів. Крім того, використання відпрацьованої олії та відходів виробництва біодизелю як субстратів дає змогу не тільки підвищити ефективність таких інтегрованих технологій, а й вирішити проблему утилізації токсичних промислових відходів.

Список використаних джерел:

1. Raajaraam L., Raman, K.A. // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 2022. Vol. 9: 779405.
2. Bolivar-Anillo H.J., González-Rodríguez V.E., Cantoral J.M., García-Sánchez D., Collado I.G., Garrido C. // *Biology (Basel)*. 2021. Vol. 10, No. 6: 492.
3. Pirog T.P., Piatetska D.V., Yarova H.A., Iutynska G.O. // *Microbiological Journal*. 2021. Vol. 83, No. 6. P. 75–94.
4. Ghadamgahi F., Tarighi S., Taheri P., Saripella G.V., Anzalone A., Kalyandurg P.B., Catara V., Ortiz R., Vetukuri R.R. // *Biology (Basel)*. 2022. Vol. 11, No. 1: 140.
5. Pirog T., Piatetska D., Leonova N., Shevchuk T. // *Ukrainian Food Journal*. 2024. Vol. 13, No. 1. P. 144–162.
6. Kumari S., Prabha C., Singh A., Kumari S., Kiran S. // *International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences*. 2018. Vol. 7, No. 2. P. 20–27.
7. Myo E.M., Ge B., Ma J., Cui H., Liu B., Shi L., Jiang M., Zhang K. *BMC Microbiology* // 2019. Vol. 19, No. 1: 155.
8. Pirog T.P., Piatetska D.V., Klymenko N.O., Iutynska G.O. // *Microbiological Journal*. 2022. Vol. 2. P. 57–72.

ВПЛИВ ЗАРЯДУ ПОВЕРХНІ КЛІТИН НА ВЗАЄМОДІЮ З АНТИМІКРОБНИМИ ПЕПТИДАМИ

Берест В.П., Лядов Д.А. (м. Харків)

Антимікробні пептиди (АМП) – молекули природного походження, які є важливою частиною вродженого імунного захисту більшості живих організмів. Вони демонструють широкий спектр антимікробної активності, включаючи дію проти грампозитивних і грамнегативних бактерій, грибів, деяких вірусів і навіть пухлинних клітин. Завдяки здатності долати резистентність і механізми уникнення, які часто ускладнюють дію традиційних антибіотиків, АМП вважаються перспективними кандидатами для нових антимікробних препаратів.

Одним із механізмів дії АМП є взаємодія з клітинною мембраною-мішенню, яка обумовлює подальшу деструкцію мембрани, зміни у проникності або транспортування пептиду всередину клітини. Одним із критичних параметрів, що визначають специфічність і ефективність цієї взаємодії, є поверхневий заряд клітини, який, у свою чергу, залежить від ліпідного складу мембрани. Метою роботи було визначення ролі електростатичних взаємодій між АМП та клітинами з різним зарядом поверхні, зокрема на прикладі граміцидину S (ГС), а також аналіз фізичних основ формування ζ -потенціалу та його ролі у взаємодії пептидів із еритроцитами та епітеліальними клітинами.

Мембрани еукаріотичних і прокаріотичних клітин мають суттєво відмінний ліпідний склад, що визначає їх електричні властивості. Мембрани бактерій зазвичай складаються з великої кількості аніонних фосфоліпідів, зокрема фосфатидилгліцерину (PG), кардіоліпіну (CL) та фосфатидилетаноламіну (PE). Відсутність холестеролу та структурної симетрії призводить до підвищеної гнучкості й електронегативності зовнішнього шару мембрани, що сприяє сильній взаємодії з катіонними пептидами [1; 2].

На відміну від них, еукаріотичні мембрани (еритроцитів, епітеліальних та інших клітин) побудовані переважно із цвіттеріонних фосфоліпідів, таких як фосфатидилхолін (PC) і сфінгомієлін, які не несуть заряду на фізіологічному рН. Хоча фосфатидилсерин (PS) і фосфатидилінозитол (PI) присутні у внутрішньому шарі мембрани, зовнішній шар залишається практично нейтральним. Проте глікопротеїни з залишками сіалових кислот формують негативно заряджений глікокалікс [3], що надає еритроцитам та іншим еукаріотичним клітинам від'ємного поверхневого потенціалу, хоч і меншого, ніж у бактерій.

Дзета-потенціал є ефективним індикатором поверхневого заряду клітин і наночастинок. Він визначається як різниця потенціалів між рухомою рідиною, що оточує частинку, і її електричним подвійним шаром. У біологічних системах ζ -потенціал визначається не лише ліпідним складом, а й наявністю білків, глікопротеїнів і електролітів у середовищі [4]. У прокаріотичних клітинах ζ -потенціал може сягати $-30 \text{ мВ} \sim -50 \text{ мВ}$, тоді як у еукаріотичних $-10 \text{ мВ} \sim -25 \text{ мВ}$ залежно від типу клітини та умов середовища. Еритроцити мають ζ -потенціал близько -15 мВ , що зумовлено високим вмістом сіалових кислот у глікопротеїнах. Епітеліальні клітини демонструють дещо ширший діапазон значень залежно від їх походження, диференціації та середовища культивування [5].

Основою початкового зв'язування АМП з клітинною мембраною є електростатичне притягання. Позитивно заряджені амінокислотні залишки пептидів (Arg, Lys) взаємодіють із негативно зарядженими групами ліпідів або вуглеводів. Ця взаємодія дозволяє пептидам накопичуватись на поверхні мембрани, після чого можливе їхнє вставлення в бішар і утворення пор або транслокація в клітину [7].

Граміцидин S – циклічний декапептид, синтезований *Bacillus brevis*, з вираженою катіонною амфіпатичною структурою. Він здатен включатися в мембрани, особливо багаті на аніонні ліпіди. Встановлено, що взаємодія

граміцидину S з мембраною залежить від щільності негативного заряду, ступеня насичення ліпідів, наявності холестеролу та структурної асиметрії.

У якості клітинних моделей було використано еритроцити та епітеліальні клітини. Еритроцити – зручна модель для оцінки цитотоксичності АМП, оскільки вони не мають ядра і складних органел, а їхня мембрана – добре охарактеризована. Пошкодження еритроцитів вказує на неспецифічну токсичність пептиду. Водночас епітеліальні клітини краще моделюють бар'єрні функції організму та фізіологічні умови мікрооточення. Вони здатні до ендцитозу та формують щільні міжклітинні контакти, що ускладнює проникнення пептидів, але дозволяє вивчати механізми внутрішньоклітинної доставки [8].

Крім мембранотропної дії та порушення мембрани, багато АМП мають внутрішньоклітинні мішені, наприклад, здатні інгібувати реплікацію ДНК; взаємодіяти з РНК і рибосомами; порушувати роботу мітохондрій, викликаючи деполяризацію мембран та індукувати апоптоз. Проникнення в клітину вимагає подолання енергетичного бар'єру, який залежить від гідрофобності, заряду та конформації пептиду і є можливим завдяки позитивному заряду пептиду, який взаємодіє з аніонними фосфоліпідами внутрішньої сторони мембрани, особливо за умов стресу або втрати мембранної асиметрії [9].

Інкубація еритроцитів з граміцидином S у діапазоні концентрацій від 5 до 10 мкг/мл призводила до зниження електрофоретичної швидкості та ζ -потенціалу дозозалежним чином. Водночас підвищення концентрації граміцидину S до 20 мкг/мл не призводило до статистично значущих змін електрофоретичної швидкості та ζ -потенціалу порівняно з показниками, що були отримані для концентрації 10 мкг/мл. Крім того, граміцидин S у концентрації 20 мкг/мл спричиняв частковий гемоліз та порушення нормальної морфології більшості еритроцитів, що могло призводити до значних змін їх гідродинамічних характеристик та електрофоретичної швидкості за відсутності значного впливу

на поверхневий заряд.

Електростатичні взаємодії відіграють ключову роль у механізмах дії антимікробних пептидів. Різниця в поверхневому заряді між бактеріальними й еукаріотичними клітинами зумовлює вибірковість АМП і дозволяє розробляти нові таргетовані терапевтичні стратегії. Граміцидин S є прикладом АМП із вираженою здатністю до взаємодії з негативно зарядженими поверхнями, що робить його перспективним кандидатом для подальших досліджень у контексті доставки ліків і впливу на внутрішньоклітинні мішені. Розуміння механізмів формування ζ -потенціалу, ролі ліпідного середовища та умов мікрооточення клітин дозволяє вдосконалити підходи до розробки безпечних і ефективних антимікробних агентів.

Список використаних джерел:

1. Zasloff M. (2002). Antimicrobial peptides of multicellular organisms. *Nature*, 415(6870), 389–395.
2. Brogden K. A. (2005). Antimicrobial peptides: pore formers or metabolic inhibitors in bacteria?. *Nature reviews. Microbiology*, 3(3), 238–250
3. Hemmati, F., Rezaee, M. A., Ebrahimzadeh, S., Yousefi, L., Nouri, R., Kafil, H. S., & Gholizadeh, P. (2021). Novel Strategies to Combat Bacterial Biofilms. *Molecular biotechnology*, 63(7), 569–586.
4. Öztürk K, Kaplan M, Çalış S. (2024) Effects of nanoparticle size, shape, and zeta potential on drug delivery. *International Journal of Pharmaceutics*. Volume 666, 124799
5. Mendivil-Alvarado, H., Limon-Miro, A. T., Carvajal-Millan, E., Lizardi-Mendoza, J., Mercado-Lara, A., Coronado-Alvarado, C. D., Rascón-Durán, M. L., Anduro-Corona, I., Talamás-Lara, D., Rascón-Careaga, A., & Astiazarán-García, H. (2023). Extracellular Vesicles and Their Zeta Potential as Future Markers Associated with Nutrition and Molecular Biomarkers in Breast Cancer. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(7), 6810.
6. Matsuzaki K. (2001). Why and how are peptide-lipid interactions utilized for self defence?. *Biochemical Society transactions*, 29(Pt 4), 598–601.
7. Wimley, W. C., & Hristova, K. (2011). Antimicrobial peptides: successes, challenges and unanswered questions. *The Journal of membrane biology*, 239(1-2), 27–34.
8. Epand, R. M., & Vogel, H. J. (1999). Diversity of antimicrobial peptides and their mechanisms of action. *Biochimica et biophysica acta*, 1462(1-2), 11–28.
9. Papo, N., & Shai, Y. (2005). Host defense peptides as new weapons in cancer treatment. *Cellular and molecular life sciences : CMLS*, 62(7-8), 784–790.

СОРБЦІЯ ІОНІВ МЕТАЛІВ ВУГЛЕЦЕВИМИ СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ

Хоботова Е.Б., Бундюк Д.О. (м. Харків)

Скидання великих кількостей стічних вод у водойми зумовлює їх забруднення. Серед технологічних процесів очищення стічних вод велике значення має адсорбційний метод. Найбільшого поширення для адсорбції розчинених речовин набули вуглецеві матеріали. Сучасними технологічними методами можна отримати вуглецеві сорбенти з відходів. Якщо температура обробки висока, то їх поверхня окислюється і утворюється окислене вугілля з селективними сорбційними властивостями по відношенню до окремих домішок, в тому числі іонів важких металів. Перспективним напрямком є отримання сорбентів з відходів виробництва при їх соактивації з дешевим низькосортним природним вугіллям.

Мета роботи – обґрунтувати можливість застосування окислених вуглецевих сорбентів для очищення забруднених вод від сполук Cu(II), Fe (II), Co (II), Ni (II) і Mn (II).

В роботі використовували зразки активованого вугілля (АВ) з сільськогосподарських рослинних відходів. При одержанні вугілля використовували два варіанти складу відходів, що не дає підстав для однозначного висновку про роль природи відходів. Склад, умови активації і окиснення вказано у таблиці 1. АВ-1 і АВ-3 – вугілля, які відрізняються за вихідним складом, активовані водяним паром за температури 800 °С; АВ-2 – вугілля неактивоване, отримане з такої самої суміші, що і АВ-3. АВ-1ок і АВ-3ок – окислені зразки вугілля АВ-1 і АВ-3 (обробка розчином HNO_3 концентрацією 8 М за 70 °С протягом 5 годин).

Таблиця 1

Склад, умови активації і окиснення вугілля

Вугілля	Склад, %		Активация	Окиснення
	лушпіння соняшнику	солома		
AB-1	50	50	Водяна пара, 800 °C	–
AB-1ок	50	50	Водяна пара, 800 °C	8 М HNO ₃ , 70 °C, 5 год.
AB-2	30	70	Неактивоване	–
AB-3	30	70	Водяна пара, 800 °C	–
AB-3ок	30	70	Водяна пара, 800 °C	8 М HNO ₃ , 70 °C, 5 год.

Склад активованого вугілля і фізико-хімічні властивості (питома поверхня, об'єм і розподіл пор за розміром) досліджуваних адсорбентів встановлювали методами елементного аналізу, ІЧ-спектроскопії та адсорбції азоту за температури –196 °C [1]. Природу поверхневих функціональних груп (ПФГ) визначали за допомогою ІЧ-спектроскопії. ІЧ спектри одержували у таблетках KBr на Фур'є ІЧ-спектрофотометрі SPECTRUM ONE (Perkin Elmer) в інтервалі 450–4000 см^{–1} з роздільною здатністю за хвильовими числами 1 см^{–1}. Характеристики АВ представлені в таблиці 2. Відмічається збільшення числа ПФГ при окисненні АВ.

Таблиця 2

Поверхневі функціональні групи активованого вугілля

Вугілля	S _{пит} , м ² /г	Карбоксильні, мг-екв/г		Фенольні, мг-екв/г
		гідратні	негідратні	
AB-1	640,0	0,04	0,18	1,95
AB-1ок	530,0	0,42	0,98	2,58
AB-2	294,2	0	0,56	0
AB-3	370,7	0	0,59	0
AB-3ок	–	0,20	1,95	0,72

Сорбційні властивості окисленого вугілля визначали по зменшенню концентрацій іонів металів у розчині. Концентрації метало-іонів визначали атомно-абсорбційним методом. За результатами вимірювань розраховували величина адсорбції *A*, мг/г і ступінь вилучення іонів *n*, %. Для визначення часу досягнення рівноваги адсорбції проведена серія вимірювань сорбції металів на

AB-1 і AB-1ок із розчинів з концентрацією кожного з іонів в суміші 1–10 мг/л ($V = 50$ мл, $m = 0,25$ г, $t = 25$ °C). У цих розчинах перевищені допустимі концентрації токсичних металів, вони моделюють стічні води в технологіях переробки металовмісної вторинної сировини. Час вилучення іонів металів досягал 72 год.

При вмісті металів у розчинах 1 мг/л суміш іонів всіх металів була повністю вилучена на обох зразках активованого вугілля незалежно від рН розчинів вже через 1 годину контакту розчину з адсорбентом. Вміст іонів металів у фільтраті після сорбції нижче чутливості атомно-абсорбційного метода. В багатокомпонентних розчинах концентрація кожного із присутніх іонів металів близько 10 мг/л. Величина адсорбції метало-іонів на AB-1 знижується в ряді $Fe > Cu > Ni > Co > Mn$. При використанні AB -1ок ряд ідентичний за винятком того, що величина адсорбції Купрум(II) іонів більш за $A_{Fe(II)}$. З ряду катіонів найбільш близьки значення A при сорбції іонів $Fe(II)$ і $Cu(II)$ незалежно від ступеня окиснення вугілля.

Для досягнення величини адсорбції $Cu(II)$, близької до рівноважної, тобто 94% значення A за 72 год, необхідно не менше 8 год на вихідному вугіллі і майже 1 год на його окисленому зразку (табл. 3). Для AB-1ок за добу досягається практичне повне насичення адсорбенту.

Таблиця 3

Вилучення іонів металів із водних розчинів

Метал	Me, мг/л	1 год	4 год	8 год	24 год	48 год	72 год
Величина адсорбції на AB-1, мг/г							
Cu (II)	11,0	1,11	1,18	1,22	1,29	1,3	1,3
Mn (II)	9,4	0,17	0,20	0,27	0,32	0,39	0,39
Fe (II)	10,1	1,48	1,72	1,75	1,94	1,96	1,97
Co (II)	9,2	0,26	0,28	0,32	0,41	0,43	0,44
Ni (II)	9,9	0,30	0,33	0,37	0,42	0,47	0,58
Величина адсорбції на AB-1ок, мг/г							
Cu (II)	11,0	1,77	1,86	1,88	1,88	1,89	1,89
Mn (II)	9,4	0,24	0,32	0,37	0,37	0,36	0,31
Fe (II)	10,1	1,69	1,73	1,77	1,78	1,79	1,80
Co (II)	9,2	0,55	0,67	0,75	0,73	0,74	0,74
Ni (II)	9,9	0,69	0,78	0,95	1,21	1,19	1,20

Аналогічні результати спостерігаються при адсорбції Fe(II), що припускає близькість механізмів сорбції цих іонів. В умовах експерименту ступінь вилучення Cu(II) і Fe(II) через 24 год сорбції складав 54 і 87% для АВ-1 та 82 і 97% для АВ-1ок. Таким чином, можлива аналогічність механізмів адсорбції Cu(II) і Fe(II), яка визначається наявністю і кількістю ПФГ.

Припускається, що механізм адсорбції на АВ включає іонний обмін, що не суперечить припущеному раніше механізму сорбції Cu(II) – іонний обмін з наступним комплексоутворенням [2]. Підтвердженням здійснення іонного обміну є результати по впливу кислотності середовища на сорбційне вилучення Cu(II) із багатокомпонентних розчинів ($t_{\text{сорб}} = 24_{\text{год}}$), що наведені у таблиці 4. Підкислення здійснювали хлоридною кислотою. Розчини містили по 10 мг/л Fe(II), Co(II), Ni(II), Mn(II). Видно, що зі збільшенням кислотності розчинів величина адсорбції A і ступінь вилучення Cu(II) іонів n знижуються. Це може бути пов'язано з пригніченням дисоціації карбоксильних та фенольних груп у сильнокислому середовищі. Для окисленого вугілля АВ-1ок залежність показників адсорбції від кислотності середовища аналогічна, але A і n вище.

Таблиця 4

Залежність адсорбції Cu(II) іонів від рН розчинів

Cu _{вих} , мг/л	рН	АВ-1		АВ-1ок	
		A , мг/г	n , %	A , мг/г	n , %
11,0	1,2	0,408	18	–	–
10,0	1,2	–	–	0,96	49
11,0	3,8	1,29	55	–	–
10,0	3,8	–	–	1,88	94

При умовах Cu_{вих} = 8,6 мг/л, рН 3,56–3,58, $t_{\text{сорб}} = 24$ год. максимальні величини адсорбції зразка АВ-1 за іонами Cu(II) складають 4,0 мг/г для однокомпонентних і 2,7 мг/г для багатокомпонентних розчинів. Величина адсорбції для АВ-3ок досягає 14,9 мг/г, що перевищує аналогічне значення A для АВ-1ок, яка дорівнює 5,2 мг/г, тобто сорбційні властивості окисленого вугілля залежать від складу вихідної сировини. Порівняння результатів з даними таблиці

3 показує, що при зниженні концентрації Cu(II) іонів величина адсорбції збільшується.

При підвищенні температури на 30° зниження величини адсорбції Cu(II) незначне $\approx 2,8\%$ (умови: $\text{Cu}_{\text{вих}} = 8,6$ мг/л, рН 3,56–3,58, $t_{\text{сорб}} = 6$ год). Це підтверджує комплексний характер процесу сорбції, що включає іонний обмін і комплексоутворення. При здійсненні лише фізичної адсорбції зменшення A повинно бути більшим. Зміна A для іонів Cu(II) і Mn(II) зі зростанням температури проходить через незначний мінімум, що характерно і для температурних змін величини сорбції Cr(III) на тому самому активованому вугіллі [3].

Порівняння показників процесу вилучення іонів металів різними типами АВ показало наявність більш ефективної адсорбції окисленими зразками АВ у силу більшої поверхневої концентрації ПФГ. Сорбційні властивості визначаються складом вихідної сировини при отриманні АВ.

Доведена залежність ефективності адсорбції від зовнішніх чинників. Підвищення кислотності розчину і збільшення концентрації метало-іонів знижує ефективність адсорбції. Присутність інших іонів металів зменшує ступінь очищення розчинів від Cu(II) іонів. Показана ідентичність механізмів сорбції іонів Cu(II) і Fe(II) , що дає можливість сумісно сорбувати ці іони.

Показано, що визначальною стадією в механізмі сорбції Cu(II) іонів являється комплексоутворення з оксигенвмісними, ПФГ: карбоксильними і фенольними, це показує комплексний характер процесу сорбції зі значною часткою хемосорбційної взаємодії.

Список використаних джерел:

1. Мандзюк В.І., Лісовський Р.П., Нагірна Н.І., Рачій Б.І. Структура пористих вуглецевих матеріалів згідно методу адсорбції/десорбції азоту // Фізична інженерія поверхні. 2013. Т. 11, № 1. С. 112–121.
2. Хоботова Е.Б., Даценко В.В., Горбань Д.А. Сорбційні властивості окисленого і неокисленого активованого вугілля щодо іонів міді(II) // Вісник Нац. техн. ун-тету «ХПІ». Сер.: Хімія, хім. технологія та екологія. 2023. №1(9). С. 56–59.
3. Lyubchik S. I., Lyubchik A. I., Galushko O. L. et al. Kinetics and thermodynamics of the Cr(III) adsorption on the activated carbon from co-mingled wastes// Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. – 2004. Vol. 242, № 1–3. P. 151–158.

ДНК-ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛІМОРФІЗМУ X-ХРОМОСОМИ ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗНИКЛИХ ОСІБ

Метлицька О.І., Канюка О.Ю. (м. Полтава)

Наша країна знаходиться в умовах воєнного стану вже четвертий рік – період за який значна кількість людей вважається зниклими безвісти внаслідок проведення бойових дій. Щоденно гинуть військові і цивільні громадяни. В таких умовах, у переважній кількості випадків, не можливо впізнати загиблих осіб за їх зовнішніми ознаками, тому виникає необхідність в ідентифікації їх тіл за допомогою ДНК-аналізу. За сучасними протоколами ідентифікації особи при масовій загибелі людей використовуються такі підходи:

- порівняння ДНК-профілю невстановленої особи з її зажиттєво відібраним зразком (як правило, зразок букального епітелію);
- порівняння ДНК-профілю невстановленої особи з її двома біологічними родичами (в різних комбінаціях: мати, батько, дочка, син, повнорідний брат, повнорідна сестра);
- порівняння ДНК-профілю невстановленої особи з одним біологічним родичем, ДНК-профіль якого досліджено двома методами (дослідження ядерної ДНК, У-хромосоми або мітохондріальної ДНК).

В сучасних умовах, коли немає можливості відібрати біологічний матеріал від двох близьких родичів першого та другого ступенів спорідненості, виникає необхідність у розробці нових сучасних ДНК-технологій, які дозволяють отримати додаткову ідентифікаційну інформацію. Однією із таких технологій є розробка стандартизованих комерційних ПЛР-наборів для визначення мікросателітних локусів, розташованих на Х-хромосомі людини.

Х-хромосома має специфічні характеристики, які відсутні у її аналога У-хромосоми, або будь-якої іншої аутосоми. Вона має довжину приблизно 155 мільйонів пар основ, що складає майже 5% від розміру геному людини. У

чоловічої статі Х-хромосома майже повністю передається нащадкам жіночої статі як незмінний блок внаслідок відсутності рекомбінаційних процесів (за винятком так званої псевдоаутосомної області PAR яка кон'югує із аналогічною ділянкою Х-хромосоми при мейозі у чоловіків). В той самий час, у осіб жіночої статі дві копії Х рекомбінують як аутосоми, тим самим реорганізують генетичну мінливість у кожному поколінні. Нова «перетасована» хромосома передається нащадкам жіночої та чоловічої статі [1]. Ці специфічні властивості – дві рекомбінантні копії у осіб жіночої статі та одна нерекомбінантна копія у осіб чоловічої статі, покладені в основу ідентифікаційних досліджень осіб у судовій молекулярно-генетичній експертизі.

Застосування Х-хромосомних мікросателітних повторів (X-STR) може мати неабияку цінність для вирішення проблем криміналістики, оскільки їх можна використовувати в якості додаткового джерела даних у складних випадках, коли аналіз аутосомних STR не є інформативним. X-STR можуть містити в рази більше необхідної інформації порівняно з аутосомними STR, особливо при складному аналізі спорідненості [2]. Дослідження Х-хромосоми дозволяє розширити експертні можливості щодо ідентифікації невпізнаних трупів в умовах обмеженої кількості біологічно близьких родичів або низької якості ДНК в деградованих зразках невпізнаних трупів.

У випадку, коли необхідно ідентифікувати невпізнану особу чоловічої статі і є тільки мати або одна донька, то можна провести порівняння за ядерною ДНК та Х-хромосомою. Оскільки мати повністю передає синові лише одну свою Х-хромосому, тому спостерігаємо 50% збіг за досліджуваними локусами цієї хромосоми так само як і за ядерною ДНК – в кожному генетичному локусі один із двох алелів матері і сина будуть співпадати. Батько передає доньці свою єдину Х-хромосому, а оскільки у доньки наявна ще материнська Х-хромосома, тому також будемо спостерігати так само 50% збіг алелів за досліджуваними локусами

цієї хромосоми. У випадках з іншими родичами невстановленої особи чоловічої статі, дослідження Х-хромосоми неінформативне.

Наразі у світі існує значна кількість комерційних тест-систем із визначення поліморфізму Х-хромосоми людини, проте в системі експертної служби МВС України застосовується одна із них – Investigator Argus QS фірми Qiagen (Німеччина). Дана тест-система, яка впроваджена і у практику відділу біологічних досліджень та обліку Полтавського НДЕКЦ МВС, дозволяє ампліфікувати в ПЛР 12 маркерів Х-хромосоми, один стетово-специфічний локус (амелогенін) та один аутосомний маркер D21S11. Синтез фрагмента цього аутосомного локусу дозволяє мінімізувати помилки при дослідженні об'єктів, реакційна суміш тест-системи містить внутрішній контроль, що дозволяє визначити успішність проведеної ПЛР та взагалі наявність ДНК у досліджуваному зразку [3], що вкрай важливе для лабораторій прямої ампліфікації.

Подальша зозробка технологій ідентифікації осіб за маркерами Х-STR є безперечно перспективним напрямком при розкритті злочинів сексуального характеру, аналізі спорідненості при визначенні біологічного батьківства, пошуку зниклих безвісти осіб при масових катастрофах, що стає можливим в контексті розвитку нових технологій секвенування наступного покоління.

Проте існує низка проблем, яку необхідно вирішити перед їх широким впровадженням в практику експертної служби України. Насамперед, необхідно проведення додаткових досліджень розповсюдження частот гаплотипів Х-хромосоми та її алельних варіантів, які можуть суттєво відрізнятися в рамках етнічних груп та популяцій, що зводить до мінімуму використання існуючих інформаційних баз інших країн. До речі, на теперішній час такі розширені бази з охоптом понад 80% населення існують в КНР, а для Аргентини, Бразилії, США, Іспанії та Німеччини в такі дослідження залучено не більше ніж 20% населення [1]. Для коректного проведення стандартної процедури кількісної оцінки

генетичних доказів, яка ґрунтується на теоремі Байєса з наступним розрахунком відношення правдоподібності (LR) висунутих альтернативних гіпотез спорідненості, окрім інформації щодо частот гаплотипів X-STR необхідна індикація специфічних для кожної популяції мутацій та груп зчеплення [4]. Лише за таких умов нові маркери можуть гарантовано використовуватися в рутинних аналізах, підвищуючи їх ефективність і надійність при ідентифікації осіб, тестуванні на батьківство та проведенні інших складних судових молекулярно-генетичних експертиз по кримінальних справах.

Впровадження X-STR в систему експертної служби України є початком складного шляху, що передбачає підтримку і розширення єдиної бази даних частот алелів і гаплотипів X-хромосоми з урахуванням унікальних особливостей їх розподілу для населення України.

Список використаних джерел:

1. Iva Gomes Nádia Pinto Sofia Antão-Sousa, Verónica Gomes, Leonor Gusmão, António Amorim. *Twenty Years Later: A Comprehensive Review of the X Chromosome Use in Forensic Genetics*. *Frontiers in Genetics*, 2020. 11. 2. A.O.Tillmar, D. Kling, J.M.Butler, W.Parson, M.Prinz, P.M.Schneider, T.Egeland, L.Gusmão. *Guidelines on the Use of X-STRs in Kinship Analysis*. *DNA Commission of the International Society for Forensic Genetics (ISFG): Forensic Science International: Genetics*. 2017. Vol. 29. P. 269–275. 3. Софія Зюбрій. *Особливості та перспективи використання X-хромосомних тандемних повторів у судовій молекулярно-генетичній експертизі. Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*. 2023. Т. 32, № 3. С. 148-161 4. Fernanda M. Garcia, Bárbara G. O. Bessa, Eldamária V. W. dos Santos, Julia D. P.Pereira, Lyvia N. R. Alves, Lucas A. Vianna, Matheus C. Casotti, Raquel S. R. Trabach, Victor S.Stange, Débora D. Meira, Iuri D. Louro. *Forensic Applications of Markers Present on the X Chromosome*. *Genes* 2022. Vol. 13. 1597.

ЗВ'ЯЗОК ЗАПАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ СТАТЕВИХ ОРГАНІВ ІЗ ЗАПЛІДНЕНІСТЮ КОРІВ ПІСЛЯ ЇХ ПЕРШОГО ОСІМЕНІННЯ

Стадницька О. І., Максим'юк В. М. (с. Оброшине, Львівська обл.)

Максимюк Г. В. (м. Львів)

Результати завдань ПНД «Сільськогосподарська біотехнологія» (ДР № 0106U003850, 0111U005339, 0111U005340), які ми виконували впродовж 1995–2020 рр., свідчать, що низька (16–25 мМ) й висока (46–70 мМ) концентрації K⁺

свіжоотриманої сперми і розморожених спермодоз бугаїв після першого осіменіння корів зумовлюють їх низьку (50–65 %) запліднюваність, але середня (26–45 мМ) – високу (65–75 %).

Встановили також, що фактори екзогенного (*концентрація, фізико-хімічні властивості кріопротекторів, температура заморожування і розморожування спермодоз*) та ендогенного впливу (*продукти запальних процесів піхви, шийки, матки*), які, змінюючи первинний нативний стан акросоми і цитоплазматичної мембрани спермій та показники концентрації (мМ) й гомеостазу (IC:1) пар іонів лужних металів ($Na^+:Ca^{2+}$, $K^+:Ca^{2+}$, $Na^+:K^+$) у зразках сперми і матково-вагінального слизу (МВС), призводять до низької запліднюваності корів після їх першого осіменіння [6–9].

Наведені висновки, які ми сформулювали аналізуючи результати виконаних досліджень, частково підтверджують матеріали вітчизняних [1, 3] і зарубіжних вчених [13–16], які запевняють, що рівень внутрішньоклітинного і позаклітинного гомеостазу маси органічних (ОР) і неорганічних речовин (НР) сперми самців і МВС самок здійснює первинну селекцію повноцінних спермій. Процеси хемо- й електротаксису переміщують відсепаровані клітини з шийки матки у Фалопієві труби, а їх осмотичне середовище забезпечує ефективний контакт спермій з яйцеклітиною.

Тому, зважаючи на наведені вище факти та виявлений зв'язок ознак (*забарвлення, густина*) фізико-хімічного стану, об'єму (см³) і маси (г, мг) складових МВС із запліднюваністю корів після їх першого осіменіння, в системах типу “середовище (вода) – речовина” досліджували особливості розподілу (г, мг) і співвідношень маси (Ім:1) води (H₂O), ОР і НР під час шкідливої дії ендогенних факторів (*продукти запалень слизових оболонок піхви, шийки, матки*). З одного боку це дозволяє детально оцінювати зміни фізико-хімічного стану МВС, з іншого – досліджувати особливості “реакції-відповіді” його складових на шкідливу дію екзо- (*умови ТЗС*) і ендогенних факторів

(продукти запальних процесів, які протікають у тканинах тих чи інших органів рослин, тварин, людини), а результати виконаних експериментів використовувати для обґрунтування їх зв'язку із визначеним ступенем їх шкідливого впливу.

В умовах тваринницької ферми від 14 корів української чорно-рябої (голітинізованої) породи 3–9 річного віку впродовж парувального сезону (квітень – червень міс.) від 14 тварин, під час першої – третьої доби тічки відбирали зразки МВС [2, 4]. Нативний стан відібраних зразків оцінювали виявленими ознаками кольору, густини, наявністю у них сторонніх домішок (кров, гній тощо) і визначеними показниками маси H_2O , ОР і НР. До контрольної групи ($n = 9$) зарахували зразки, ознаки і показники яких вказують на нормофункцію тканин статевих органів. До дослідної групи ($n = 5$) – зразки, ознаки і показники яких свідчать про їх дисфункцію.

Встановили, що досліджувані нами корови в середньому виділяють у піхву 14–20 см³ МВС. Але, якщо зразки слизу корів контрольної групи мають дуже високу плинність (текучість), консистенцію – густо-в'язку, колір (або забарвлення) – прозоро-скляний, а домішки крові і гною – відсутні, то зразкам корів дослідної групи властиві цілком інші ознаки. Їх плинність – низька, консистенція – зріджена, забарвлення – молочно-біле з брудно-жовтим до зеленого відтінками. В окремих випадках і, залежно від ступеня розвитку запальних процесів, вони мають домішки крові і гною. Зміни їх забарвлення і густини супроводжують зміни параметрів маси H_2O . Зразки, які ми отримали впродовж першої – третьої доби тічки, мали відповідно в 1,4 та в 1,6 разів меншу масу H_2O і термостійких речовин групи НР, але в 1,4 разу більшу суму мас легкозаймистих (OP_1) і термостійких (OP_2) речовин. Особливості розподілу складових визначили за вимогами розроблених, адаптованих і опублікованих нами методик [5, 10–12]. Встановили, що маса порошкоподібних контрольних і дослідних зразків СЗ відповідно становить 0,3344 і 0,3253 г. Але, якщо подібність

показників випаруваної H_2O і обезводненого дрібнодисперсного порошку СЗ – низька ($P > 0,2$), то маси складових СЗ – різна. Маса термостійких речовин дослідних зразків групи НР в 1,6 разу менша ($0,1209$ проти $0,1935$ г; $P < 0,001$); термостійких групи OP_2 – майже однакова ($0,0462$ проти $0,0402$ г; $P < 0,02$), але легкозаймистих групи OP_1 – в 1,6 разу більша від контрольних ($0,1582$ проти $0,1006$ г; $P > 0,2$).

З цього приводу доцільно також зазначити, що конфігурація ряду складових обезводнених контрольних і дослідних зразків СЗ є різною. Порядок розміщення її показників ряду дослідних і контрольних зразків СЗ цілком інакший. Так, якщо ряд дослідних зразків має таку конфігурацію ($OP_1 > HP > OP_2$), то контрольних – іншу ($HP > OP_1 > OP_2$). До того ж ступінь шкідливого впливу ендогенних факторів характеризує обернений зв'язок параметрів маси, а саме: сума мас складових груп OP_1 і OP_2 дослідних зразків ($0,1582 + 0,0462 = 0,2044$ г) в 1,4 разу більша ніж контрольних ($0,1006 + 0,0403 = 0,1409$ г), але групи НР в 1,6 разу – менша ($0,1209$ г проти $0,1935$ г).

Результати визначених співвідношень маси ($Im:1$) між парами складових МВС ($H_2O:\Sigma C3$) та його СЗ ($H_2O:HP$, $H_2O:OP_1$, $H_2O:OP_2$) свідчать про те, що неоднакова реакція систем типу “вода – речовина” і конфігурація ряду отриманих показників розподілу маси складових призводять до того, що індекси співвідношень маси $H_2O:\Sigma OP$ зразків МВС дослідної (43:1) стають в 1,4 разу меншими від контрольної групи (60:1). Але індекси співвідношень маси $H_2O:HP$ зразків його СЗ – майже однакові (117 проти 104:1), а $H_2O:OP_1$ (89 проти 201:1) і $H_2O:OP_2$ (306 проти 501:1) в 2,3 та 1,6 разів, відповідно менші. Очевидно варто також наголосити на тому, що розбіжність абсолютних ($lim = 0,02-0,4$ г; $Cv = 41-77$ %) і відносних ($lim = 1-3$ %; $Cv = 7-37$ %) показників маси складових (H_2O , HP , OP) та індексу співвідношень у зразках МВС ($H_2O:\Sigma C3$) та СЗ ($H_2O:HP$, $H_2O:OP_1$, $H_2O:OP_2$) представлена дуже широкими лімітами ($lim = 8-59:1$) і коефіцієнтами варіації ($Cv = 5-48$ %). Вірогідність шкідливого впливу продуктів

запальних процесів статевих органів на гомеостаз H_2O та ОР і НР МВС хворих корів становить 95 ($P < 0,05$) і 99 % ($P < 0,001$).

Отже, якщо опертися на результати оцінених ознак контрольних і дослідних зразків та результатів аналізу особливостей розподілу і співвідношень маси складових у системах типу “вода – речовина” за шкідливої дії ендогенних факторів, то потрібно заключити, що накопичені продукти (*інгредієнти*) запальних процесів, які протікають у тканинах піхви, шийки і матки хворих корів, змінюючи фізико-хімічний стан МВС, в 1,9 разу зменшують щодо умовно здорових відсоток їх заплідненості після першого осіменіння.

Список використаних джерел:

1. Афанасієва Л. П., Калиновський Г. М. Проникність важких металів через плацентарний бар'єр корови. Вісник Сумського національного університету, 2007. № 8 (19). С. 5–8.
2. Бугров А.Д. Выявление и выборка коров и телок в охоте : метод. рек. Харьков, 2013. 115 с.
3. Калиновський Г. М. [та ін.] Проникність через плацентарного бар'єру для Кадмію (С) та плюмбуму (Р) протягом тільності корів та під час теребіння кобил. Науковий вісник ЛНУВМБ імені С. Г. Гжицького, Серія: Ветеринарні науки. 2019Т. 21, № 93. С. 74–87. (last accessed: 26.08.2024).
4. Карташов І.І., Шарапа Г.С. Акушерство гінекологія і штучне осіменіння сільськогосподарських тварин: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 319 с.
5. Максимюк Г.В., Максим'юк В.М. Стандартизована методика визначення концентрації і переміщеної кількості Ca^{2+} , K^+ , Na^+ у системі “клітина – середовище”. Фізика живого. 2011. Т. 19, № 1. С. 10–15.
6. Максимюк Г.В., Воробець З.Д. Вміст і співвідношення макроелементів в органах і тканинах статевої системи самців / Світ медицини та біології. 2013. № 1. С. 133–136.
7. Максимюк Г.В., Воробець З.Д., Лаповець Л.Є. та ін.. Гомеостаз іонів лужних металів статевих органів ссавців: монографія. Львів : СПОЛОМ, 2018. 84 с.
8. Максимюк Г.В., Воробець З.Д., Максим'юк В.М. Етапи контролю вектора змін гомеостазу складовиз системи “середовище – клітина (речовина)” : метод. рек. Львів, 2019. 27 с.
9. Максим'юк В.М., Максимюк Г.В., Воробець З.Д. Клітина, середовище, гомеостаз: монографія. Львів : СПОЛОМ, 2021. 315 с.
10. Пат. України № 69773, МПК G1N21/00, G1N21/41, № и 201113162 / Г. Максимюк Львів. нац. мед. унів. ім. Д. Галицького // Спосіб визначення концентрації вільних та зв'язаних іонів у водних екстрактах проб біологічного матеріалу. – 2012. – Бюл. № 9.
11. Пат. України № 119753, МПК (2017.01) G01N33/48 (20006.01), G01N21/00, G01N21/41 (20006.01), № и 201702873 / Г. Максимюк [та ін.] Львів. нац. мед. унів. ім. Д. Галицького // Спосіб оцінювання змін гомеостазу іонів у пробах цервікального слизу за дії ендо- і екзогенних чинників. – 2017. – Бюл. № 19.
12. Пат. України № 127221, МПК G01N5/44 (2006.01), G01N33/48 (20006.01), № и 20180126 / Г. Максимюк [та ін.] Львів. нац. мед. унів. ім. Д. Галицького // Спосіб визначення та аналізу змін маси складових у пробах тканин і секретів органів людини і тварин. – 2018. – Бюл. № 14.
13. Adnane, M., & Chapwanya, A. (2022). A Review of the Diversity of the Genital Tract Microbiome and Implications for Fertility of Cattle. *Animals : an open access journal from MDPI*, 12(4), 460.
14. Agbugba, L. C., Oyewunmi, A. O., Ogundumade, T. P., & Leigh, O. O. Investigation of vaginal mucus parameters: Development of models for staging the oestrous cycle of the Bunaji cow. *Reproduction in domestic animals = Zuchthygiene*. 2020. Vol. 55, No 9. P. 1044–1053.
15. Siregar, T. N., Armansyah, T., Panjaitan, B., Gholib, G., Herrialifian,

H., Sutriana, A., Abidin, Z., Reynaldi, M. A., Razak, F., Artaliani, Y., & Yuswar, Y. Changes in cervical mucus as an indicator of fertility in ache cattle. Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Vol. 7, No. 4. P. 306-314. 16. Srinivasan, M., Adnane, M., & Archunan, G. (2021). Significance of cervico-vaginal microbes in bovine reproduction and pheromone production - A hypothetical review. Research in veterinary science. 2021. Vol. 135. P. 66–71.

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОЗЧИНІВ КЕРАТИНУ

Куленко О.А., Стрижак С.В., Криворучко А.В. (м. Полтава)

Виробництво шкіри та хутра супроводжується утворенням великої кількості відходів, що містять цінні органічні речовини. Нераціональне використання біологічних відходів тваринного походження призводить до значних матеріальних втрат та забруднення навколишнього середовища. На різних стадіях виробництва шкіри, хутра та вовни виникають значні обсяги побічних продуктів, таких як обрізки шкіри, щетина та вовняний пил. Головною складовою цих відходів є кератин – фібрилярний білок, що формує структуру волосся людини, шерсті та нігтів тварин. Одним з пріоритетних напрямів сучасної біотехнології є створення безвідходних виробництв, що базуються на повному використанні тваринних білків [1-4].

Об'єктом нашого дослідження стали природні біополімери – кератини, виділені з шерсті кролів та великої рогатої худоби. Мета дослідження полягає у розробці оптимальних умов для одержання розчинів кератину та оцінки їх фізико-хімічних властивостей. З метою забезпечення високої якості продукції було проведено комплексне дослідження, яке включало визначення вологості, вмісту жирів та мінеральних речовин, рН та мікробіологічної чистоти. Отримані результати свідчать про відповідність продукту дослідження встановленим світовим стандартам.

На першому етапі нашого дослідження необхідно було отримати розчини кератину з матеріалів, що містять кератин. В основу схеми отримання розчину

кератину покладено метод постадійного впливу на шерсть тварин кислотних і лужних компонентів, які містять окислювачі з урахуванням індивідуальних особливостей будови тваринних відходів, що складаються з кератину. Для цього було використано методику одержання розчину кератину. Згідно з нашим експериментом, для кожного виду вихідної сировини перед розчиненням був підібраний свій рідинний коефіцієнт, розрахований час та концентрація реагентів, що використовуються. Слід зазначити, що вид дослідної сировини, гістоструктурні особливості, обробка мають певний вплив не лише на час та умови його розчинення, а й на відсоток виходу кінцевого продукту сухого залишку [1]. Найбільш докладно процес отримання кератину з шерсті кролів представлено таблиці 1.

Таблиця 1

Схема отримання кератину з шерсті кролів [1].

Найменування процесів	Реактиви	Маса сировини	Параметри
Розчинення 1	H ₂ O ₂ (1,5%) – 152 мл NaOH (1,5%) – 75 г	50 г (подібна шерсть).	РК-1:55 Час обробки – 24 год V розчину – 2750 мл.
Осадження	HCl - 100 мл	-	-
Фільтрування та промивання	H ₂ O	49,4 г – після фільтрування та промивання	-
Розчинення 2	H ₂ O ₂ (1,5%) – 152 мл NaOH (1,5%) - 75 г	-	РК-1:19 Час обробки – 24 год V розчину – 950 мл
Осадження та фільтрування	HCl – 100 мл	37,4 г – після фільтрування та промивання	-
Перерозчинення	0,1н NaOH	-	-
Гомогенізація	-	-	-

За даними таблиці 1 видно, що загальний час обробки шерсті кролів становить 48 годин, а значення рН стало мати нейтральну реакцію.

Таблиця 2

Схема одержання кератину з шерсті великої рогатої худоби [1].

Процес	Реактиви	Маса зразка	Параметри
Розчинення 1	H ₂ O ₂ (1,5%) – 152 мл NaOH (1,5%) – 75 г	50 г – вихідна сировина	РК-1:50 Час обробки – 24 год V розчину – 2500 мл
Осадження	HCl – 100 мл	-	-
Фільтрування (сито) та промивання	-	48,6 г - після фільтрування та промивання	-
Розчинення 2	H ₂ O ₂ (1 %) – 152 мл NaOH (1%) – 75 г	-	РК-1:17 Час обробки - 18 год V розчину – 700 мл
Осадження та фільтрування	HCl – 100 мл	34,2 г – після фільтрування та промивання	-
Перерозчинення	0,1N NaOH	-	-
Гомогенізація	-	-	-

Подрібнену тваринну сировину піддавали дії 1,5% пероксидно-лужного розчину, потім проводили нейтралізацію концентрованою соляною кислотою, з подальшим промиванням холодною водою. Далі проводили повторне перерозчинення в пероксидно-лужному розчині, нейтралізацію та промивання. На завершення весь отриманий розчин нейтралізували 0,1N гідроксидом натрію, доводячи значення рН розчину у межах 5 – 6, після чого гомогенізували і отримували готовий продукт [1].

Розщеплення тваринної шерсті відбувається у кілька стадій. При впливі на шерсть пероксидно-лужного розчину, в першу чергу, відбувається руйнування лускатого шару, а потім – кортексу. Саме ця особливість є основою отримання розчинів кератину, у яких білок перебуває у вигляді макромолекул. Розчинення шерсті кроля тривало 48 годин, а розчинення шерсті великої рогатої худоби – 30 годин. Для кожного виду було визначено свій рідинний коефіцієнт, який й показує відношення обсягу обробної рідини до маси сировини, що обробляється. Для шерсті великої рогатої худоби рідинний коефіцієнт становив 1:17, для

шерсті кроля – 1:19. Далі нами проведено визначення хімічного складу одержаних розчинів кератину.

Таблиця 3

Хімічний аналіз розчину кератину

Кератин з шерсті	Волога, %	Зміст, % від абс. сух. реч.	
		Жирові речовини	Мінеральні речовини
Кріль	95,2	0,41	0,34
ВРХ	94,6	0,36	0,82

Аналізуючи дані таблиці, слід зазначити, що розчини кератину, отримані з різних видів кератиновмісних тваринних відходів, досить близькі за своїм хімічним складом. Вміст води в розчині кератину з шерсті кроля склав 95,2%, з великої рогатої худоби – 94,6%. Кількість мінеральних речовин у всіх досліджуваних зразках виявлено менше 1%, їх вплив на якість отриманого кератину дуже незначний. Шляхом математичного розрахунку визначено, що білкові речовини становили близько 98%. Тим самим можна відзначити, що отримані нами розчини кератину добре очищені від супутніх речовин білковими продуктами. Також для досліджуваних зразків кератину було визначено рН-середовища [1]. Середні результати представлені у таблиці 4.

Таблиця 4

Показники рН розчину кератину

Розчини кератину, отримані з	рН
Шерсть ВРХ	5,23
Шерсть кроля	6,72

З результатів видно, що значення рН розчинів кератину, отриманих з різних біологічних відходів тваринного походження, які містять кератин, знаходиться в межах від 5,23 до 6,72, що задовольняє умовам нашого дослідження. Таким чином, можна відзначити, що основний компонент розчинів – білок, який є живильним середовищем для багатьох мікроорганізмів, тому

наступним етапом нашої роботи було вивчення мікробіологічної чистоти досліджуваних зразків [2, 3].



Рис. 1. Результати посіву зразків розчину кератин, отриманого з шерсті кролів (розведення 1:1000)



Рис. 2. Результати посіву зразків розчину кератин, отриманого з шерсті великої рогатої худоби (розведення 1:1000)

Таблиця 5

Ступінь мікробного обсіменіння розчинів кератину

Розчини кератину, одержані з	Загальне мікробне число
Шерсть ВРХ	$1,1 \cdot 10^3$
Шерсть кроля	$0,9 \cdot 10^3$

Результати посівів показали, що вміст продукту відповідає загальноприйнятим вимогам до подібних білкових розчинів для косметичної промисловості. Отримані результати свідчать про те, що готовий продукт є сприятливим середовищем для мікроорганізмів, тому на останньому етапі отримання кератину доцільно додавати антисептичний препарат. З результатів проведених дослідів випливає, що отриманий розчин кератину не тільки має

хімічну чистоту, а й відповідає вимогам мікробіологічної безпеки, що дає підставу використовувати його в різних галузях народного господарства.

За результатами, отриманими під час виконання експериментального дослідження, можна зробити наступні висновки. Продемонстровано можливість отримання розчинів кератину з матеріалів, що містять кератин: шерсті кролів і великої рогатої худоби. Експериментально визначено, що одержання кератину з шерсті кроля витрачено 48 годин часу, а шерсті ВРХ – 42 години. Дослідним шляхом встановлено, що за хімічним складом розчини кератину мають малий вміст мінеральних та жирових речовин (у середньому 0,77 та 0,58% відповідно) – це говорить про добре очищений готовий продукт. Потенціометричним методом визначено, що значення рН розчину кератину, отриманого з різних видів біологічних відходів тваринного походження, що містять керати, знаходиться у межах від 5,23 до 6,72%, що задовольняє загально відомим умовам. За результатами оцінки мікробного аналізу було встановлено, що загальне мікробне число розчинів кератину відповідає зазначеним вимогам, а значення розведення становить 1:1000.

Список використаних джерел:

1. Влізла В. В., Федорук Р. С., Ратич І. Б. *Лабораторні методи досліджень у біології, тваринництві та ветеринарній медицині: довідник / за ред. В.В. Влізла. Львів : СПОЛОМ, 2012. 764 с.* 2. Гавриляк В. В., Михалюк В. В. *Методи отримання кератинів із волокон природного походження. Молодь і поступ біології : XV Міжнародна наукова конференція студентів і аспірантів, присвячена 135 річниці від дня народження Я. Парнаса : збірник тез. Львівський національний університет імені І. Франка. 2019. С. 220.* 3. Гавриляк В. В., Стапай П. В., Смолянінова О. О., Скорохід А. В., Михалюк В. В. *Методи модифікації вовняних волокон: методичні рекомендації. Львів, 2018. 16 с.* 4. Михалюк В. В. *Біохімічна характеристика кератинів та створених на їх основі моделей біоматеріалів. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.04 «Біохімія». Інститут біології тварин НААН, м. Львів, 2021. 154 с.*

МІКРОБНО-ІНДУКОВАНА СТРЕСОСТІЙКІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН: РОЛЬ МІКОРИЗИ, ІНОКУЛЯНТІВ ТА ФІТОГОРМОНІВ В УМОВАХ АБІОТИЧНИХ СТРЕСІВ

Чайка Т.О. (м. Полтава)

Останні десятиліття характеризуються прогресуючою інтенсифікацією та підвищеною частотою абіотичних стресових факторів, включаючи тривалі посухи, температурні екстремуми, підвищену засоленість ґрунтів та невідповідність мінерального живлення, що призводить до значного порушення фізіологічних процесів, зниження адаптивного потенціалу та, як наслідок, істотного зменшення врожайності більшості сільськогосподарських культур у різних агрокліматичних зонах як на локальному, так і на глобальному рівнях. Дефіцит води під час посухи зменшує водний потенціал ґрунту, що призводить до зневоднення клітин і збільшення активних форм кисню (АФК), що зрештою викликає вторинні стреси, такі як осмотичний та окислювальний стрес, що перешкоджає росту рослин. Дефіцит води призводить до закриття продихів, зниження тургорного тиску, вмісту хлорофілу і фотосинтезу [1].

У сучасних умовах особливо актуальною є концепція мікробно-індукованої стресостійкості рослин (Microbially Induced Stress Tolerance, MIST), яка описує механізми, за допомогою яких мікроорганізми підвищують стійкість рослин до абіотичних стресів, таких як посуха, засолення та екстремальні температури. Ці механізми включають модифікацію фітогормонального балансу, посилення антиоксидантного захисту, накопичення осмопротекторів, продукцію екзополісахаридів та гломаліну, а також активацію генів, що відповідають за стресову відповідь [2].

Мікробна взаємодія з культурними рослинами є ключем до адаптації та виживання обох партнерів у будь-якому абіотичному середовищі [3]. Спільноти

мікробів, такі як арбускулярні мікоризні гриби (AMF) [4] і ризобактерії, що стимулюють ріст рослин (PGPR) [5], співпрацюють з рослинами, щоб підвищити продуктивність культур під час посухи за допомогою MIST.

Численні дослідження також продемонстрували, що ризосферні мікроорганізми, зокрема AMF, *Rhizobium* spp., PGPB та PSB/PSF, суттєво впливають на живлення, ріст і стійкість рослин до стресу, збагачуючи мікробіом і підвищуючи доступність поживних речовин [6, 7, 8]. Їх взаємодія з кореневою системою покращує фосфорне живлення, пригнічує фітопатогени та сприяє формуванню ефективної структури мікробних угруповань [9, 10]. Усе це підвищує продуктивність культур, особливо в стресових умовах.

Отже, в сучасних умовах інокуляція AMF та ризобіальними бактеріями проявляє потужний агрономічний ефект [11], забезпечуючи зростання продуктивності та покращення засвоєння поживних елементів. Проте ефективність таких біоінтервенцій значно підсилюється за умови взаємодії з фітогормонами – ключовими регуляторами адаптації до абіотичного стресу.

Фітогормони координують молекулярні й фізіологічні реакції рослин на дефіцит вологи, зокрема через регуляцію генетичних програм, модифікацію кореневої архітектури та індукцію синтезу захисних метаболітів, що у поєднанні з дією AMF і ризобій формує цілісну, екологічно збалансовану систему біологічного живлення [12, 13]. Такий підхід відповідає концепції сталого розвитку сільського господарства та визначає актуальність дослідження трикомпонентної взаємодії (AMF – ризобії – фітогормони) для підвищення адаптивного потенціалу сої до зростаючого впливу абіотичних стресів.

Під час добору біопрепаратів для використання необхідно враховувати такі критерії:

1. Функціональна різноманітність PGPB – для забезпечення комплексної дії на рослинний організм через різні фізіолого-біохімічні механізми,

зокрема азотфіксацію, мобілізацію фосфатів, синтез фітогормонів і утворення симбіотичних зв'язків.

2. Багатофункціональність впливу – здатність препаратів одночасно впливати на кілька життєво важливих процесів: живлення, стресову адаптацію та резистентність до патогенних організмів.
3. Комплементарність мікробного складу – наявність синергії між представниками різних мікробних груп у складі біопрепаратів, що посилює їх загальний ефект.
4. Форма препаративної подачі – використання препаратів у різних формах (торф'яна, рідка, метаболітна) для вивчення впливу носія на ефективність RGPB.

Сучасні агроєкосистеми зазнають суттєвого впливу абіотичних стресових чинників, зокрема дефіциту вологи, температурних екстремумів та засоленості, що стає однією з головних причин зниження продуктивності сільськогосподарських культур. У цьому контексті концепція MIST формується як перспективна стратегія біологізації землеробства, орієнтована на посилення стресостійкості рослин шляхом використання корисних мікроорганізмів.

Арбускулярні мікоризні гриби, ризобіальні бактерії та фосфатмобілізуючі мікроорганізми реалізують багатокомпонентну дію на рослинний організм, активуючи фізіолого-біохімічні та молекулярні механізми адаптації до несприятливих умов середовища. Застосування трикомпонентних біопрепаратів, що поєднують AMF, ризобії та фітогормональні стимулятори, здатне продемонструвати високу ефективність у підвищенні адаптивного потенціалу культур, зокрема сої, завдяки синергії між біологічними агентами.

У результаті дослідження обґрунтовано критерії добору ефективних біологічних препаратів, серед яких пріоритетними є: функціональна різноманітність мікроорганізмів, їхня поліфункціональність, комплементарність

у мікробному складі, а також форма препаративної подачі, що безпосередньо впливає на біодоступність та ефективність дії.

Список використаних джерел:

1. Gill S. S., Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Biochem.* 2010. Vol. 48. P. 909–930.
2. Kaushal M. Microbes in cahoots with plants: MIST to hit the jackpot of agricultural productivity during drought. *Int J Mol Sci.* 2019. Vol. 20 (7), e1769.
3. Meena K. K., Sorty A. M., Bitla U. M. et al. Abiotic stress responses and microbe-mediated mitigation in plants: The omics strategies. *Frontiers in Plant Science.* 2017. Vol. 8.
4. Чайка Т. О. Мікориза – ефективні біотехнології в рослинництві. Проблеми та досягнення сучасної біотехнології : V Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 28 берез. 2025). Харків : Національний фармацевтичний університет, 2025.
5. Etesami H., Maheshwari D. K. Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with multiple plant growth promoting traits in stress agriculture: Action mechanisms and future prospects. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 2018. Vol. 156. P. 225–246.
6. Igiehon N. O., Babalola O. O., Cheseto X., Torto B. Effects of rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi on yield, size distribution and fatty acid of soybean seeds grown under drought stress. *Microbiol Res.* 2021. Vol. 242, e126640.
7. Xie X. G., Zhang F. M., Yang T. et al. Endophytic fungus drives nodulation and N₂ fixation attributable to specific root exudates. *mBio.* 2019. Vol. 10 (4), e00728–19.
8. Zhang J. E., Feng L. F., Ouyang Y. et al. Phosphate-solubilizing bacteria and fungi in relation to phosphorus availability under different land uses for some latosols from Guangdong, China. *CATENA.* 2020. Vol. 195, e104686.
9. Zhang C., van der Heijden M. G. A., Dodds B. K. et al. A tripartite bacterial-fungal-plant symbiosis in the mycorrhiza-shaped microbiome drives plant growth and mycorrhization. *Microbiome.* 2024. Vol. 12 (1), e13.
10. Trivedi P., Leach J. E., Tringe S.G. et al. Plant-microbiome interactions: from community assembly to plant health. *Nat Rev Microbiol.* 2020. Vol. 18. P. 607–21.
11. Чайка Т. О., Ляшенко В. В., Хоменко Б. С. Вплив інокуляції насіння на врожайність сої за органічної технології вирощування. *Таврійський науковий вісник. Сер. Сільськогосподарські науки.* 2023. № 133. С. 180–187.
12. Liao Z., Chen B., Boubakri H. et al. The regulatory role of phytohormones in plant drought tolerance. *Planta.* 2025. Vol. 261, e98.
13. Shaukat S., Mustafa G., Cheng K. Phytohormones for combating global challenges: an ecofriendly approach. In M. Faizan, S. Hayat (Eds), *Plant growth regulators: resilience for sustainable agriculture.* Springer Singapore, 2024.

ЩОРІЧНА ВАКЦИНАЦІЯ ПРОТИ ГРИПУ – НАЙДІЄВІШИЙ ЗАСІБ ПРОФІЛАКТИКИ ЗАХВОРЮВАННЯ У ДІТЕЙ

Міщенко В.А., Пушкар М.Б., Желєзнікова М.О., Лисенко Л.С. (м. Харків)

Одним з основних та важливих напрямків біотехнології слід вважати розробку та впровадження в медичну практику вакцин, що здатні захистити людину від інфекційних хвороб. Вакцинація є одним з найефективніших засобів захисту людини від небезпечних бактеріальних та вірусних агентів. Серед вірусних збудників, з якими найчастіше стикається людина, слід виділити вірус

грипу. Цьому вірусу притаманні повітряно-крапельний шлях передачі, здатність викликати епідемії та пандемії завдяки своїй мінливості, становити серйозну загрозу здоров'ю за рахунок формування тяжких ускладнень, призводити до летальних наслідків у людей з ослабленим імунітетом та дітей [1]. У щеплених від грипу ймовірність тяжкого перебігу хвороби та ускладнень зменшується на 60%, ймовірність смертельних випадків – на 80% [2].

За даними минулого епідсезону в Україні зафіксовано 7 летальних випадків від тяжких форм грипу. Жоден з померлих пацієнтів не був щеплений проти грипу.

Слід зазначити, що вакцинація проти грипу належить до рекомендованих щеплень та відсутня у затвердженому календарі вакцинацій. У зв'язку з постійними антигенними змінами вірусу грипу ВООЗ щороку оновлює свої рекомендації стосовно складу вакцини [3,4]. Цьогоріч (2024-2025 рр.) вакцини розроблено з урахуванням прогнозу ВООЗ щодо циркуляції у Північній півкулі таких штамів: вірус, подібний до A/Victoria/4897/2022(H1N1)pdm09 [A/Victoria/4897/2022 IVR-238]; вірус, подібний до A/Thailand/8/2022 (H3N2) [A/California/122/2022 SAN-022; A/Thailand/8/2022 IVR-237]; вірус, подібний до B/Austria/1359417/2021 [B/Michigan/01/2021, дикий тип; B/Austria/1359417/2021 BVR-26]; вірус, подібний до B/Phuket/3073/2013 [B/Phuket/3073/2013, дикий тип].

Постійна зміна штамів, що циркулюють у певний епідемічний період, диктує необхідність щорічного проведення щеплень проти грипу.

На клінічній базі кафедри інфекційних хвороб, дитячих інфекційних хвороб, фтизіатрії та пульмонології ХНМУ, в Комунальному некомерційному підприємстві Харківської Обласної Ради «Обласна дитяча інфекційна клінічна лікарня», спостерігалось 12 дітей віком від 1 до 5 років, які вже мали досвід несприятливого перебігу запальних захворювань дихальних шляхів, що були викликані вірусом грипу. У дітей цієї вікової групи висока сприйнятливність до

грипу пояснюється тим, що імунна система неповністю сформована, а антигенне навантаження занадто велике. При тісному контакті один з одним діти легко обмінюються інфекційними збудниками, в тому числі вірусами грипу. Дітям, що перебували під спостереженням, та їхнім батькам було запропоновано провести щеплення проти грипу восени, на тлі повного здоров'я та до початку епідемічного періоду, бо на формування повноцінної імунної відповіді потрібно приблизно два тижні. Всі діти були щеплені рекомендованими на даний епідсезон вакцинами. Вакцинація у них пройшла без ускладнень. Побічні ефекти після щеплення не відмічалися, лише у 3 дітей мало місце почервоніння в місці ін'єкції.

Спостереження за пацієнтами, що отримали щеплення, протягом всього епідемічного сезону продемонструвало наступне: жодна дитина не захворіла на грип. У 5 дітей з 12 щеплених мало місце захворювання на гостру респіраторну інфекцію. Методом полімеразної ланцюгової реакції з слизової носу у 2 дітей була виявлена РНК human Rhinovirus, у 1 дитини ДНК human Adenovirus (В, С, Е), у 2 дітей human Parainfluenza virus. Респіраторна інфекція у цих дітей перебігала в легкій формі, впродовж 3-5 днів, не потребувала госпіталізації, діти отримували симптоматичну терапію та лікувалися вдома.

Таким чином, завдяки розвитку біотехнологій ми отримуємо ефективні вакцини. Вакцинація – найдієвіший спосіб профілактики інфекційних хвороб, зокрема, грипу. З метою збільшення до 95% популяційного імунітету до грипу в Україні, щеплення проти цієї інфекції має бути доступним для всіх верств населення. Широке застосування вакцинації дозволить уникнути тяжкого перебігу грипу та розвитку ускладнень.

Список використаних джерел:

1. Uyeki TM, Hui DS, Zambon M, Wentworth DE, Monto AS. Influenza. Lancet. 2022 Aug 27;400(10353):693-706. doi: 10.1016/S0140-6736(22)00982-5.
2. Офіційний сайт Міністерства Охорони Здоров'я України. Чому потрібно зробити щеплення проти грипу і як пройти вакцинацію. URL: <https://moz.gov.ua/uk/chomu-potribno-zrobiti-sheplennja-proti-gripu-i-jak-projti-vakcinaciju> (дата звернення 13.05.2025 р.)
3. Офіційний сайт Центру громадського здоров'я України. Захворюваність на грип та ГРВІ в Україні. URL: <https://phc.org.ua/kontrol->

[zakhvoryuvan/inshi-infekciyni-zakhvoryuvannya/zakhvoryuvanist-na-grip-ta-grvi-v-ukraini](https://www.uptodate.com/contents/seasonal-influenza-in-children-prevention-with-vaccines?search=influenza+virus+vaccination&source=search_result&selectedTitle=3%7E150&usage_type=default&display_rank=2) (дата звернення 13.05.2025 р.) 4. Edwards M.S., Pannaraj P.S. Seasonal influenza in children: Prevention with vaccines. URL: https://www.uptodate.com/contents/seasonal-influenza-in-children-prevention-with-vaccines?search=influenza+virus+vaccination&source=search_result&selectedTitle=3%7E150&usage_type=default&display_rank=2. (дата звернення 13.05.2025 р.)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОТОБІОЛОГІЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ПІД ВПЛИВОМ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ

Семенов А.О., Сахно Т.В., Семенова Н.В. (м. Полтава)

Ультрафіолетове (УФ) випромінювання є ключовим екологічним фактором для інактивації бактерій та боротьби з вірусами, зокрема SARS-CoV-2 [1]. Його широко застосовують у фотобіологічних електричних системах для дезінфекції повітря [2] та поверхонь [3], де віруси інактивуються за лічені секунди завдяки високій фотореактивності нуклеїнових кислот до УФ-променів.

Основним елементом таких систем є джерело УФ-випромінювання [4], ефективність якого залежить від потужності та типу лампи. З часом світловий потік УФ-ламп зменшується [5], що слід враховувати при виборі системи. Зниження ефективності УФ-системи відбувається через різні фактори, такі як накопичення пилу та бруду, що зменшує прозорість скла лампи або відбивну здатність поверхонь камери опромінення.

Кожна фотобіологічна УФ-система для бактерицидної дезінфекції повітря [2], поверхонь [3] або передпосівного опромінення насіння [6] визначається параметрами джерела УФ-випромінювання, зокрема світловим потоком та його зниженням з часом. Доза бактерицидного потоку залежить від потужності джерела та часу опромінення, що визначає ефективність УФ-системи.

У роботі розглядаються основні фактори, що впливають на ефективність ультрафіолетових фотобіологічних систем, з акцентом на системи для дезінфекції повітря, обробки поверхонь та опромінення насіння сільськогосподарських культур перед посівом.

Для оцінки ефективності УФ-систем використовуються стандарти:

1. Рекомендації з обслуговування електричних освітлювальних систем (CIE 97:2005, IDT).
2. Обслуговування зовнішніх освітлювальних систем. Технічний звіт (CIE 154:2003, IDT).

У ході дослідження були розраховані наступні параметри:

- коефіцієнт збереження світлового потоку (RFMF), що оцінює зниження ефективності УФ-джерел з часом;
- коефіцієнт виживання ламп (LSF), що враховує втрату продуктивності ламп під час експлуатації;
- коефіцієнт обслуговування світильника (LMF), що показує зміну ефективності світильника через накопичення пилу або зменшення прозорості матеріалів;
- коефіцієнт обслуговування поверхонь приміщення (RSMF), що описує чистоту відбивних поверхонь.

Методологія розрахунку коефіцієнта обслуговування (MF) була реалізована для визначення загальної ефективності системи залежно від кількості годин роботи та змін у стані обладнання під час експлуатації.

Фактори, що знижують світловий потік, поділяються на незворотні та відновлювані. Незворотні фактори, такі як старіння, є властивими для обладнання та не можуть бути покращені шляхом обслуговування. Інші фактори, такі як напруга живлення, частота, температура та електронний баласт, є постійними та відіграють важливу роль у стабільності УФ-системи [7].

Відновлювані фактори, такі як збереження світлового потоку джерела, виживання ламп та обслуговування камер опромінення, можуть бути відновлені під час обслуговування. Під час обслуговування окремі елементи УФ-системи ремонтуються, очищуються та замінюються.

Відомо, що ефективність усіх ламп знижується під час їх використання, і швидкість зниження залежить від типу лампи та використовуваного пускового обладнання. Тому для підтримки ефективності системи необхідно замінювати джерела випромінювання з меншою періодичністю, залежно від зниження потоку [5].

Експериментальні дані показують, що без обслуговування зниження світлового потоку в УФ-системі може становити близько 60% від початкового значення за 2-3 роки і продовжуватиме знижуватися. З обслуговуванням це зниження зупиняється на рівні 40%. Забруднення ламп, камер опромінення та світильників зазвичай спричиняє найбільші втрати світлового потоку. Кількість втрат залежить від характеру та щільності забруднення.

Коефіцієнт обслуговування системи розраховується як добуток чотирьох основних факторів, що впливають на ефективність УФ-системи: RFMF, LSF, LMF та RSMF.

Отримані результати свідчать про зниження коефіцієнта обслуговування для УФ-систем до 4 тисяч годин на рівні 44% до 51%. Для УФ-систем, що використовують лампи з увіолевим склом, цей показник становить 44-47%, а для систем з кварцовим склом – приблизно 50%. Використання до 6 тисяч годин стає неефективним, оскільки коефіцієнт обслуговування знижується до 27%.

Таким чином, УФ-система повинна бути спроектована з урахуванням загального коефіцієнта обслуговування. Отримані результати дослідження ефективності електричних систем фотобіологічної дії слід враховувати при проектуванні УФ-систем.

Список використаних джерел:

- 1. Khan M., McDonald M., Mundada K., Willcox M. Efficacy of Ultraviolet Radiations against Coronavirus, Bacteria, Fungi, Fungal Spores and Biofilm. Hygiene, 2022. № 2. С. 120-131.*
- 2. A. Semenov, G. Koshushko, Device for germicidal air disinfection by ultraviolet radiation, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies 3. 2014. No. 10(69). P. 13–17.*
- 3. Semenov A., Sakhno T., Barashkov N. Ultraviolet disinfection of activated carbon and its use for microbiological decontamination. Green Chemistry & the Environmental: 257st American Chemical Society National Meeting & Exposition, Orlando, Florida, march 31 – april 4, 2019, ENVR 409.*
- 4. Семенов А.О., Кожушко Г.М., Баля Л.В. Безозонні бактерицидні лампи для установок фотохімічної і*

фотобіологічної дії. *Технологический аудит и резервы производства*, 2015. № 4/1 (24). С. 4-7. 5. A. Semenov, R. Kharak, Y. Bychkov, V. Dudnyk, B. Yeleussinov. Method of predicting the useful life of ultraviolet lamps in electrotechnical systems under UV radiation, *Przegląd Elektrotechniczny*, 100 (2024). № 8. P. 280–283. 6. Semenov A., Sakhno T., Semenova K. Influence of UV Radiation on Physical and Biological Properties of Rapeseed in Pre-Sowing Treatment. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2021. Vol. 10, No. 4. P. 217-223. 7. Семенов А.О., Сахно Т.В. Визначення ефективності дії ультрафіолетових систем залежно від чинників впливу та технічного обслуговування. *Науковий вісник полтавського університету економіки і торгівлі: Серія «Технічні науки», ПУЕТ*, 2020. №1(96). С. 97-104.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ СТРЕСОРІВ НА ЛАКТОБАКТЕРІЇ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ МОЛОЧНОКИСЛИХ ПРОДУКТІВ

Мартиненко В.А., Шевченко С.В. (м. Полтава)

На сьогодні кожна людина добре обізнана з користю молочних і кисломолочних продуктів. У багатьох європейських країнах традиційно споживають йогурт на сніданок. Цей продукт особливо популярний серед дітей і підлітків. Однак йогурти, що реалізуються у торговельних мережах, часто не є повністю натуральними та корисними. Через велику кількість виробників йогуртів на ринку конкуренція зросла, що зумовило акцент на якість продукції замість кількості.

Мета дослідження – вивчити вплив стресових чинників на молочнокислі бактерії у процесі виготовлення біойогурту.

Завдання дослідження:

- провести аналіз наукової літератури з теми;
- визначити основні характеристики та показники культивування молочнокислих бактерій;
- оволодіти методиками приготування, фіксації та фарбування мазків молочнокислих бактерій;

- дослідити мікробіологічні властивості лактобактерій закваски "VIVO" до та після впливу стресових факторів – змін рН середовища та температури;
- проаналізувати органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні властивості йогурту, виготовленого в лабораторних умовах;
- провести порівняння характеристик лабораторного біойогурту після стресових впливів із промисловим зразком торговельної марки «Активія».

Об'єкт дослідження – вплив стресових факторів на молочнокислі бактерії у технології виготовлення біойогурту із закваски «VIVO».

Предмет дослідження – лактобактерії, що входять до складу бактеріальної закваски.

Молочнокислі бактерії (МКБ) – це мікроорганізми, здатні зброджувати вуглецевмісні сполуки з утворенням молочної кислоти. Їх зараховують до родини *Lactobacillus*.

Стресові чинники – це абіогенні та біогенні впливи, які можуть змінювати мікробіологічні структури та процеси. У контексті культивування мікроорганізмів стрес визначається як фізіологічні зміни, спричинені модифікацією умов навколишнього середовища (фізичні, хімічні або поживні зміни), що можуть призвести до уповільнення росту або загибелі клітин.

Йогурт – кисломолочний продукт, отриманий шляхом сквашування молока чистими культурами молочнокислих бактерій *Lactobacillus bulgaricus* і *Streptococcus thermophilus*, із можливим додаванням інших культур.

Дослідження проводили у серпні-вересні 2024 року на базі навчально-наукової лабораторії загальної біотехнології Полтавського державного аграрного університету. Для культивування МКБ використовували суху бактеріальну закваску «Йогурт Vivo», що містить штами *Lactobacillus acidophilus* і *Bifidobacterium lactis* (4 флакони по 0,5 г, до 10 млрд КУО).

Основні висновки дослідження:

1. Проведено огляд наукової літератури з обраної теми.
2. Опановано методику приготування, фіксації та фарбування мазків молочнокислих бактерій і їх мікроскопіювання.
3. Досліджено вплив кислотного стресу на ріст молочнокислих бактерій: оптимальне значення рН становить 6,5–7,5 ($K_{УО}=23,25 \pm 1,5 \times 10^6$ кл/см³), тоді як найгірший ріст спостерігали при рН 8,5.
4. Встановлено, що найкращий розвиток лактобактерій відбувається при температурі 37–40°C ($K_{УО}=25,3 \pm 0,34 \times 10^6$ кл/см³), а температури 30°C та 45–52°C є стресовими.
5. Виявлено зміни в органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних властивостях при порівнянні лабораторного йогурту зі стресовим впливом (52°C) та промислового йогурту «Активія».
6. Підтверджено, що суворе дотримання технологічних умов, особливо температурного режиму, є критичним для збереження якості йогурту.

Список використаних джерел:

1. Акулевич О.В. Кінетика росту молочнокислих бактерій роду *Lactobacillus* на живильних середовищах з різноманітними джерелами вуглецевого й азотного живлення / О.В. Акулевич, Л.Б. Орябінська, О.М. Дуган // Наукові вісті НТУУ "КПІ". 2013. №3. С. 7–11.
2. Астахов О. І. Методика і техніка хімічного експерименту / О. І. Астахов. – К.: Школа, 2002. – 223 с.
3. Бондар І.В, Гуляєв В.М. Промислова мікробіологія Харчова і агробіотехнологія. Навчальний посібник для студентів спеціальності 7.092901 Промислова біотехнологія. І. Дніпродзержинськ, видавництво ДДТУ, 2004. 280 с.

АЛЕЛОПАТИЧНИЙ ВПЛИВ РОСЛИН НА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ

Микитенко А.О., Ромашко Т.П. (м. Полтава)

Сучасні біотехнології відкривають широкі можливості для вивчення та використання алелопатичних властивостей рослин. Екстракти рослин можна використовувати як біологічні гербіциди, тому вивчення цих властивостей є актуальним для екології та сільського господарства.

Метою цієї роботи є аналіз сучасного стану досліджень алелопатичної дії рослин на проростання насіння. Алелопатія – це здатність рослин впливати на інші організми через виділення хімічних сполук. Вона відіграє важливу роль в екологічних процесах, впливаючи на динаміку екосистем. Хімічні взаємодії між рослинами можуть визначати локальні розподіли видів, сприяти або перешкоджати поширенню інвазійних видів, а також впливати на співіснування видів у рослинних угрупованнях [1].

Певні види рослин містять велику кількість різноманітних біологічно активних речовин, які можуть виступати джерелом природних алелохімічних речовин, здатних впливати на проростання насіння інших видів. Такими речовинами є антрахінони, алкалоїди, серцеві глікозиди, флавоноїди, кумарини, фенолокіслоти, стероїди, панаксозиди тощо [2]. Тому їх можна використовувати в якості природних гербіцидів.

Дослідження впливу екстрактів на проростання насіння активно проводять вчені з різних країн світу. Зокрема, автори роботи [3] вивчали вплив *Artemisia argyi* на проростання та ріст різних бур'янів. В ході роботи було встановлено, що у полі *Chrysanthemum morifolium* значно пригнічує ріст бур'янів без негативного впливу на ріст *C. morifolium* і є потенційною сировиною для розробки превентивних гербіцидів проти різних бур'янів. Також було проведено схоже дослідження [4], де вивчали алелопатичний вплив неочищених екстрактів *Eucalyptus erythrocorys* L. на проростання та ріст бур'янів і пшениці. Результати показали, що неочищені екстракти *E. erythrocorys* L. мали інгібуючий вплив на проростання насіння та ріст розсади як досліджуваних бур'янів, так і пшениці. Рівень інгібування збільшувався зі збільшенням концентрації екстракту. Також відомі роботи [5], де автори аналізували вплив екстрактів водних екстрактів листя *Cynara cardunculus* L. на проростання насіння деяких видів середземноморських бур'янів. Дослідження показали, що, у середньому, водні екстракти листя значно знизили кінцевий відсоток проростання насіння

порівняно з контролем: *A. retroflexus* (–58,1%), *D. erucoides* (–43,9%) та *P. oleracea* (–42,5%). Швидкість проростання знижувалася зі збільшенням концентрації екстракту. Ці результати є дуже обнадійливими для створення біогербіциду на основі алелохімічних речовин *C. cardunculus*.

Алелопатичні властивості рослин є перспективним напрямком для розробки інноваційних агротехнологій. Результати досліджень показують важливість алелопатичних взаємодій у регулюванні проростання насіння та їх потенціал для використання в сільському господарстві. Впровадження алелопатичних принципів у практику сільського господарства може стати важливим інструментом для підвищення стійкості агросистем, зменшення залежності від хімічних засобів захисту рослин та забезпечення продовольчої безпеки.

Список використаних джерел:

1. Allelopathic effect of *Artemisia argyi* on the germination and growth of various weeds / J. Li *та ін.* *Scientific Reports*. 2021. Т. 11, № 1. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83752-6> (дата звернення: 06.05.2025).
2. Лікарська рослинна сировина. Фармацевтична енциклопедія. URL: <https://www.pharmacencyclopedia.com.ua/article/2074/likarska-roslinna-sirovina> (дата звернення: 06.05.2025).
3. Hierro J. L., Callaway R. M. The Ecological Importance of Allelopathy. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 2021. Т. 52, № 1. URL: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-051120-030619> (дата звернення: 06.05.2025).
4. Study of allelopathic effects of *Eucalyptus erythrocorys* L. crude extracts against germination and seedling growth of weeds and wheat / A. Ben Ghnaya *та ін.* *Natural Product Research*. 2015. Т. 30, № 18. С. 2058–2064. URL: <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1108973> (дата звернення: 06.05.2025).
5. Allelopathic effects of *Cynara cardunculus* L. leaf aqueous extracts on seed germination of some Mediterranean weed species / A. Scavo *та ін.* *Italian Journal of Agronomy*. 2018. Т. 11. URL: <https://doi.org/10.4081/ija.2018.1021> (дата звернення: 06.05.2025).

ПІДБІР УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОГО СИНТЕЗУ ПРОТЕАЗ ЗІ СПЕЦИФІЧНІСТЮ ДО ЕЛАСТИНУ, КОЛАГЕНУ ТА ФІБРИНОГЕНУ

Гудзенко О.В. (м. Київ)

Протеолітичні ферменти зі специфічністю до компонентів сполучної тканини, зокрема еластину, колагену та фібриногену, мають велике значення в

медицині, біотехнології та фармакології. Еластаза, колагеназа та фібриногеназа беруть участь у розщепленні структурних білків, що робить їх перспективними у лікуванні захворювань дихальної системи, судинних патологій, очищенні ран, а також у створенні засобів догляду за шкірою.

Протеази отримують з різних біологічних джерел, включаючи тварини, рослини та мікроорганізми. Однак мікробні ферменти є найвигіднішими для комерційного застосування.

Для ефективного промислового виробництва ферментів вирішальне значення має оптимізація умов культивування, яка дозволяє підвищити рівень їх синтезу. Такий підбір включає коригування параметрів середовища (рН, температура, склад поживних речовин), типу та концентрації індукторів, а також технологічних умов ферментації.

Метою роботи було підібрати оптимальні умови культивування, необхідні для досягнення максимальної активності протеаз *Priestia megaterium* 116, виділеного з глибоководних відкладень Чорного моря.

Культуру вирощували у глибинних умовах в колбах Ерленмейєра (750 мл), які містили 100 мл поживного середовища, при перемішуванні 212 об/хв, за різних температур 12 °С, 28°С та 37°С. В якості базового використовували середовище такого складу (г/л): KH_2PO_4 – 1,0; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 0,75; $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 0,25; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 0,5; мальтоза - 1,0; желатин – 10,0; дріжджовий автолізат – 0,15, рН 7. Час культивування 96 год. Біомасу відділяли центрифугуванням при 5000 45 хв, і в супернатанті культуральної рідини визначали еластазну, колагеназну та фібриногенолітичну активності. Крім того, досліджуваний штам вирощували у глибинних умовах в колбах Ерленмейєра (750 мл), які містили різні об'єми поживного середовища: 50 мл, 100 мл, 200 мл. Вивчення впливу різних джерел вуглецю проводили, виключаючи зі складу базового середовища мальтозу, желатин, дріжджовий автолізат і замінюючи їх вуглецевмісними сполуками в еквівалентній до вмісту вуглецю в базовому середовищі кількості.

Джерелами вуглецю слугували: глюкоза, галактоза, лактоза, сахароза, мальтоза, рамноза та крохмаль.

Для синтезу протеолітичних ферментів бактеріями оптимальна температура широко варіює. Для представників, що були виділені з глибоководних донних відкладень Чорного моря оптимальна температура синтезу протеаз дуже відрізнялася. Так, для *Bacillus atrophaeus* 08 достатньо було 12 °С для досягнення максимальної фібриногенолітичної активності. В той час, як для *B. subtilis* 248 потрібна була температура 28 °С, а для *Bacillus licheniformis* – 42 °С. Оскільки досліджувані бактерії були виділені з глибоководних донних відкладень Чорного моря, де температура становить +5°С, ми вирішили дослідити, як температура культивування може впливати на активність протеолітичних ферментів.

У ході дослідження впливу температури культивування на активність протеаз *Priestia megaterium* 116, було виявлено залежність між температурними умовами росту та рівнем активності. Максимальна фібрин(оген)олітична активність спостерігалася за температури 28°С тоді як еластазна і колагеназна активність була максимальна за температури 12°С, а збільшення температури культивування сприяло зменшенню активності досліджуваних ензимів.

Одним із важливих чинників, що впливають на секрецію протеаз є також рівень доступного кисню під час культивування. Об'єм поживного середовища у колбі суттєво впливає на ступінь аерації. При меншому об'ємі середовища збільшується площа контакту рідини з повітрям і покращується перемішування при культивуванні, що сприяє ефективному насиченню киснем. При заповненні понад 50% об'єму колби виникають умови зниженої аерації, що може сприяти переходу клітин до частково анаеробного метаболізму та пригнічувати продукцію окремих ферментів. Під час дослідження впливу аерації на активність протеаз *P. megaterium* 116, було встановлено, що найвища активність відмічалася у колбах із найменшим об'ємом середовища (50 мл), що забезпечувало

максимальну аерацію. У зразках з об'ємами середовища 100 мл та 200 мл активність помітно знижувалася. Отримані результати підтверджують, що висока аерація є важливою умовою для ефективної секреції ферментів *P. megaterium* 116. Незважаючи на його здатність до росту в умовах обмеженого кисню, оптимальний рівень ферментативної активності досягається за умов інтенсивної аерації. Це вказує на те, що процеси транскрипційної та/або посттрансляційної регуляції протеаз у цього мікроорганізму можливо мають киснезалежний характер і повинні враховуватися при масштабуванні біотехнологічного процесу.

Джерела карбонового живлення є одним із ключових факторів, що регулюють синтез протеолітичних ферментів у різних мікроорганізмів. Вуглецеві сполуки можуть слугувати не лише джерелом енергії, а й виступати як індуктори або репресори ферментативної активності, змінюючи рівень транскрипції відповідних генів або стабільність ферментів. Проте кожен мікроорганізм може потребувати унікального складу середовища для максимальної продукції ферментів. Під час дослідження впливу різних джерел вуглецю на рівень активності протеаз *P. megaterium* 116 встановлено, що за всіх умов, активність суттєво знижувалася порівняно з контролем, у якому середовище містило повний склад базових компонентів. Найвищу активність серед тестованих варіантів зафіксовано при використанні рамнози та мальтози, в той час як найнижчий рівень активності відзначено для галактози.

Отримані результати свідчать про те, що ні одне з протестованих джерел вуглецю окремо не здатне забезпечити метаболічних умов, необхідних для високорівневої продукції протеолітичних ферментів. Це вказує на синергічну дію компонентів базового середовища, де мальтоза, як доступне джерело вуглецю, ймовірно, забезпечує первинну енергетичну підтримку росту, тоді як желатин, як джерело пептидів та вільних амінокислот, відіграє роль індуктора синтезу протеаз. Дріжджовий автолізат, збагачений вітамінами та

мікроелементами, може сприяти росту клітин. Отже, результати підкреслюють важливість комплексного складу середовища для регуляції протеолітичної активності *P. megaterium* 116. При розробці біотехнологічного процесу важливо враховувати не лише джерело вуглецю, а й необхідність різних поживних речовин, що разом забезпечують максимальну експресію цільових ферментів. Встановлено, що желатина є індуктором синтезу досліджуваних ензимів.

Результати дослідження активності протеаз *P. megaterium* 116, ізолюваного з глибоководних відкладень Чорного моря, вказують на можливість його практичного використання. Встановлено, що умови культивування, такі як температура, ступінь аерації та джерела вуглецевого живлення впливають на активність протеаз. Найвищу активність ферментів виявлено при найменшому об'ємі середовища (50 мл), що свідчить про переважання продукції ферментів за умов високої аерації. Усі компоненти базового середовища культивування є важливими для ефективного синтезу ензимів *P. megaterium* 116. Найвищу активність зафіксовано у базовому середовищі (контроль), яке містило мальтозу, дріжджовий автолізат і желатин. У випадках, коли ці компоненти замінювали окремими вуглецевмісними сполуками (глюкоза, галактоза, сахароза, тощо), активність значно знижувалась. Отже, підбір умов культивування дозволяє значно підвищити продуктивність, розширити сфери застосування та сприяти розвитку нових терапевтичних та промислових технологій.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТА КОНЦЕНТРАЦІЇ НА МЕХАНІЗМ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ЛІЗИН ГІДРОХЛОРИДУ

**Шевченко О.П., Жабковська О.А., Шафорост Ю.А., Погребняк О.С.
(м. Черкаси)**

Щороку зростає інтерес до вивчення розчинів біологічно активних речовин – амінокислот. Це природньо, оскільки біологічна та хімічна активність цих

речовин здебільшого проявляється в розчинах [1]. Безумовний пріоритет у цій галузі надається водним розчинам, оскільки саме водні розчини є природним середовищем їхнього функціонування. Наявність у молекулах амінокислот карбоксильної та аміно груп сприяє утворенню міжйонних позитивно та негативно заряджених комплексів, що призводить до зниження їх рухливостей та електропровідності розчинів.

Вивчення природи міжмолекулярних взаємодій у розчинах модельних біомолекул – актуальне завдання теорії розчинів. Труднощі отримання такої інформації обумовлені широким спектром міжмолекулярних сил, що характеризують процес їх сольватації. Кожна молекула амінокислоти має властивий їй специфічний ступінь гідратації, який визначається наявністю в її структурі заряджених, полярних і гідрофобних груп. Застосування різних методів дозволяє комплексно підійти до вивчення слабких та сильних взаємодій у розчинах біологічно важливих сполук [2].

При проведенні таких досліджень використовують різноманітні фізико-хімічні методи аналізу: потенціометрію, вольтамперометрію та кондуктометрію. Проте в більшості випадків при дослідженні електропровідності розчинів амінокислот використовують кондуктометрію [3,4].

Електропровідність є найважливішою характеристикою розчинів електролітів. Незважаючи на достатню кількість робіт, присвячених вивченню питомої та мольної електропровідності розчинів амінокислот, до цих пір остаточно не встановлені закономірності її зміни від температури для ряду водних розчинів амінокислот які існують у вигляді складних катіонів і аніонів. До таких амінокислот зокрема належить, лізин гідрохлорид [2].

Метою роботи було дослідження температурної залежності питомої та мольної електропровідності водних розчинів лізин гідрохлориду у різних іонних формах.

Амінокислоти є органічними амфолітами, які знаходяться в розчині в декількох йонних формах. Тобто, навіть в простому випадку для водного розчину індивідуальної амінокислоти, утворюється багатовійонна суміш, що складається з біполярних йонів амінокислоти (A^+), йонів Гідрогену, аніонів (A^-) амінокислоти. Повна електропровідність такого розчину складається з електропровідностей трьох йонів: H^+ , аніонів (A^-) та біполярних йонів амінокислоти (A^+). За розрахованими значеннями питомої електропровідності одержали графічну залежність питомої електропровідності від концентрації розчину лізину гідрохлориду мал. 1.

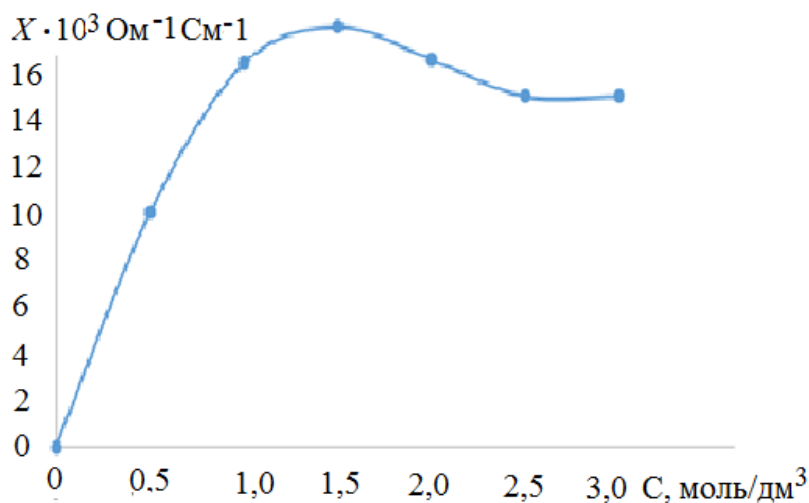


Рис. 1. Залежність питомої електропровідності водного розчину моногідрохлориду лізину від концентрації

У роботі був виявлений максимум питомої електропровідності та зростання в'язкості водних розчинів моногідрохлориду лізину в інтервалі концентрацій 0,5-3,0 моль/дм³. Показано, що до концентрації 0,5-1 моль/дм³ (при різних температурах) зростання питомої електропровідності розчинів моногідрохлориду лізину практично лінійне, при концентраціях 1,0 - 1,5 моль/л зростання уповільнюється та досягає максимуму за 1,5 – 2,0 моль/л. При цьому початок уповільнення зростання електропровідності з концентрацією та положення максимуму зсуваються з підвищенням температури у бік великих

концентрацій, що пов'язано із руйнуванням упорядкованої структури води зі зростанням температури.

Було припущено, що в даному інтервалі концентрацій утворюються асоціати амінокислота-амінокислота. З цією метою використали кріоскопічний метод який дозволив за різницею температур замерзання розчину та чистого розчинника визначити величину молекулярної маси асоціатів. Величина молекулярної маси вказала, що в розчині існують подвійні асоціати.

За отриманими значеннями питомої електропровідності було розраховано гранична рухливість іонів лізину. Вона склала $23,98 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$. Значення граничної рухливості іону хлору становить $76,3 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$.

Розрахувати рухливості іонів у робочому розчині неможливо внаслідок сильних міжйонних взаємодій між іонами лізину. Але ми можемо припускати, що основний внесок у провідність вносять аніони хлору, рухаючись по гідродинамічному механізму, у зв'язку зі своєю високою рухливістю щодо катіонів лізину та переважною кількістю перед протонами. До концентрації 1,5 - 2,0 моль/л можливий внесок у провідність катіонів лізину, за гідродинамічним механізмом. За більшої концентрація рухливості амінокислоти зменшується у зв'язку з утворенням асоціатів.

Температурна залежність питомої електропровідності дозволила розрахувати енергію активації електропровідності та відносний температурний коефіцієнт β_k . Величина E_k визначалася за формулою:

$$E_k = RT^2 \cdot \frac{k_3 - k_1}{k_2(T_3 - T_1)}$$

Питома електропровідність водних розчинів моногідрохлориду лізину згідно розрахованих відносних температурних коефіцієнтів β_k збільшується на 2,2 - 2,8% при збільшенні температури на 1°C в діапазоні температур 20-60 $^\circ\text{C}$ за рахунок зростання кінетичної енергії руху йонів, зменшення ступеня гідратації та зниженням в'язкості досліджуваних розчинів.

Проведені дослідження показали, що водні розчини моногідрохлориду лізину відносяться до сильних електролітів. Значення рухливості іонів лізину склало $26,03 \pm 1,22 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{моль}^{-1}$

Уповільнення зростання електропровідності та різке зростання в'язкості спостерігаються практично при одних і тих же концентраціях розчину (близько 0,5 моль/л при 20 °С. Очевидно, уповільнення зростання електропровідності пов'язано зі зростанням міжйонних взаємодій, утворенням іонних двійників та, можливо, освітою асоціатів. Зміщення перегину на кривій в'язкості і максимуму на кривій електропровідності у бік великих концентрацій із зростанням температури зумовлено впливом теплового руху на швидкість переміщення іонів та руйнуванням структури води.

Провідність у розчинах низьких концентрацій забезпечують переважно іони лізину та аніони хлору, проте можлива участь у перенесенні електрики протонів по естафетному механізму як по водневих зв'язках вода-амінокислота, так і по зв'язках амінокислота в асоціатах, які можуть утворюватися при високих концентраціях розчину [5]. При цьому перенесення протона може здійснюватися шляхом тунельного переходу між іонними формами амінокислоти. Перенесення протона зв'язків між катіонами лізину можливий за наявності у їх структурі груп COOH та NH_2 . Були розраховані значення енергій активації електропровідності розчинів моногідрохлориду лізину в широкому діапазоні температур та концентрацій. При невисоких концентраціях вони відповідають E_a для розчинів хлориду натрію, що вказує на однаковий механізм провідності - в'язкісний. Зниження значень E_a до концентрації 1,0 моль/л, та її зростання, і натомість лінійного зростання значень енергії активації в'язкої течії, що свідчить про зміну механізму провідності – до гідродинамічного механізму провідності додається прототропне перенесення по зв'язкам амінокислота – амінокислота та амінокислота – вода.

Список використаних джерел:

1. *Теоретичні та практичні аспекти дослідження лікарських рослин: матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Х. : НФаУ, 2016. 297 с. (Серія «Наука»)*
2. K.C. Patil, Arti Gowardipe. Volumetric, ultrasonic, and viscometric studies on Llysine mono-hydrochloride in aqueous medium at different temperatures. *International Journal of Research in Advent Technology*. 2019. Vol 7, No.4. P. 453-458.
3. Masoumeh Hasani, Leila Yaghoubi, Hamid Abdollahi. A kinetic spectrophotometric method for the simultaneous determination of glycine and lysine by artificial neural networks. *Analytical Biochemistry*. 2007. Vol. 365, Issue 1. P. 74-81
4. A. Apelblat, E. Manzurola, Z. Orekhova. Electrical Conductance Studies in Aqueous Solutions with Aspartic Ions. *Journal of Solution Chemistry*. 2008. Vol. 37, No. 1. P. 97-105.
5. Nur Khairunnisa Talib, Omar Nashed, and Bhajan Lal, Ouahid Ben Ghanem. pH and electrical conductivity measurements of aqueous solutions of amino acid-based ionic. *E3S Web of Conferences* 287, 02018 (2021). P. 1-4.

БІОСЕНСОРИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Іншина Н.М. (м. Суми)

Моніторинг довкілля здійснюють з метою оцінки та прогнозування змін стану природного середовища та усунення їх негативних наслідків. Одним з головних елементів моніторингу екологічних систем є визначення вмісту забруднювачів у ґрунті, воді, повітрі та живих організмах. У зв'язку з цим актуальним є пошук та розробка експрес-методів аналітичного контролю для виявлення токсичних сполук у природному середовищі.

Метою даної роботи є аналіз та висвітлення результатів наукових досліджень стосовно розробки біосенсорів для застосування у галузі охорони довкілля.

В роботі використовували бібліосемантичний метод та системний аналіз. Інформаційний пошук здійснювали на основі наукометричних баз даних Web of Science, Scopus, PubMed, Google Scholar.

Біосенсиори є аналітичними приладами нового покоління, основними перевагами яких є висока чутливість, точність, селективність, швидкість і простота вимірювань. Біосенсиори - це портативні аналітичні пристрої, які дозволяють проводити вимірювання в режимі реального часу.

Структурними компонентами біосенсорів є біорецептор, перетворювач та реєстратор сигналу. До основних типів біорецепторів належать ферменти, антитіла, аптамери, абзими, клітини мікроорганізмів [1]. Найчастіше використовують каталітичні біосенсиори, що містять іммобілізовані ферменти в якості біочутливого компонента. За рахунок комбінування різних ферментів створюють мультибіосенсиори, що одночасно визначають вміст декількох сполук у досліджуваних зразках.

Для моніторингу довкілля розроблені біосенсиори, що дозволяють виявити як хімічні (йони важких металів, фенольні та фосфорорганічні сполуки), так і біологічні (токсини мікроорганізмів, антибіотики) види забруднювачів. Для виявлення пестицидів використовують біосенсиори, що містять фермент ацетилхолінестеразу або аптамери. Для визначення концентрації йонів важких металів (Pb, Cd, Hg, Co, Sr) використовують біосенсиори з ферментом уреазою, ДНК-біосенсиори, а також клітинні біосенсиори на основі *Pseudomonas putida*, *Clorella vulgaris* та ін. [1-2]. Біосенсиори виявляють дуже низькі концентрації йонів важких металів, що надзвичайно важливо для контролю якості питної води.

За допомогою методів генетичної інженерії створюють генетично модифіковані мікроорганізми, що входять до складу клітинних біосенсорів. Бактеріальні сенсори визначають біохімічне споживання кисню клітинами мікроорганізмів, що відображає вміст забруднювачів у воді. Розроблені біосенсиори для детекції бактерій, вірусів та їхніх токсинів, які можуть бути використані в якості біологічної зброї [1].

Подальший потенціал розвитку біосенсорних технологій для екологічного моніторингу пов'язаний зі створенням біосенсорів на основі наноматеріалів, а також 3D-друкованих матеріалів.

Таким чином, біосенсиори є незамінними приладами для моніторингу довкілля, оскільки дозволяють виявити мінімальні кількості токсичних сполук та

оцінити їх біодоступність. Біосенсори забезпечують можливість проводити експрес-аналіз в польових умовах в режимі реального часу з низькими економічними витратами.

Список використаних джерел;

1. Inshyna, N. M., Chorna, I. V., Primova, L. O., Hrebenyk, L. I., & Khyzhnia, Y. V. Biosensors: Design, Classification and Application. *Journal of Nano- and Electronic Physics*. 2020. Vol. 12, No. 3, 03033-103033-9. 2. Huang, C.-W., Lin, C., Nguyen Minh Ky, Hussain, A., Bui, X.-T., & Huu Hao Ngo. (2023). A review of biosensor for environmental monitoring: principle, application, and corresponding achievement of sustainable development goals. *Bioengineered*, 2023. Vol. 14, No. 1. P. 58–80.

ЕФЕКТИВНІСТЬ МІКРОКЛОНАЛЬНОГО РОЗМНОЖЕННЯ НІШЕВИХ КУЛЬТУР

Манушкіна Т. М., Хомут В.П. (м. Миколаїв)

Вирощування нішевих культур в Україні, зокрема ефіроолійних, ягідних і фітоенергетичних, набуває дедалі більшого значення в умовах пошуку альтернатив традиційному землеробству в умовах змін клімату та для фітомеліорації антропогенно порушених ґрунтів, у тому числі внаслідок військових дій. Ці культури мають високий експортний потенціал і забезпечують конкурентоспроможну продукцію з доданою вартістю. Завдяки своїм біологічним особливостям вони здатні ефективно рости на малопродуктивних і маргінальних землях, що розширює можливості їх впровадження в різних регіонах України. Особливо актуальним є вирощування фітоенергетичних культур для виробництва біопалива, що сприяє енергетичній безпеці держави. Ефіроолійні та ягідні культури користуються сталим попитом на внутрішньому і зовнішньому ринках, особливо серед споживачів органічної продукції. Розвиток цих напрямів забезпечує диверсифікацію аграрного виробництва, збереження екологічного балансу та підвищення прибутковості фермерських господарств [1, 2].

Важливим етапом розширення площ під нішевими культурами є забезпечення галузі якісним чистосортним садивним матеріалом. Одним із найефективніших способів вегетативного розмноження рослин є мікроклональне розмноження в культурі *in vitro*, що забезпечує високий рівень розмноження, зберігає генетичні особливості сорту та сприяє оздоровленню садивного матеріалу від патогенів.

Метою досліджень було розробити етапи мікроклонального розмноження нішевих культур. Експериментальну роботу проводили на базі лабораторії мікроклонального розмноження ФГ «Агролайф» Миколаївської області – філії кафедри землеробства, геодезії та землеустрою Миколаївського національного аграрного університету. У ході проведення експериментальних досліджень застосовували загальноприйняті у біотехнології рослин методи [3]. На I та II етапах використовували як базове живильне середовище Мурасиге і Скуга (МС) [4]. На III етапі як базове застосовували живильне середовище МС зі зменшеною вдвічі концентрацією компонентів ($\frac{1}{2}$ МС).

Ефіроолійні культури. Розроблено біотехнології мікроклонального розмноження лаванди вузьколистої *Lavandula angustifolia* Mill., м'яти перцевої *Mentha x piperita* L., шавлії лікарської *Salvia officinalis* [L.](#) монарди трубчастої *Monarda fistulosa* L. На етапі мультиплікації рослини забезпечували стабільні коефіцієнти розмноження 6,5-22,7 упродовж семи-восьми циклів культивування залежно від біологічних особливостей виду. На етапі укорінення мікропагонів оптимальним визначено живильне середовище $\frac{1}{2}$ МС, доповнене ІОлК (0,5 мг/л) та ІОцК (0,5 мг/л), що забезпечувало частоту укорінення 80,0-97,5 %.

Ягідні культури. Оптимізовано біотехнології мікроклонального розмноження суниці садової *Fragaria ananassa* Duch., малини *Rubus idaeus* L., ожини *Rubus caesius* L. Коефіцієнти розмноження в культурі *in vitro* становили 4,2-12,5, стабільність гомогенезу зберігалася до восьми-десяти циклів культивування. Частота укорінення становила 75,0-90,0 %.

Фітоенергетичні культури. Підібрано біотехнологічні заходи мікроклонального розмноження павловнії *Paulownia* Sieb. et Zucc. комерційних форм *Paulownia* Clone in Vitro 112® і *Paulownia* 9501 та сильфію пронизанолистого *Silphium perfoliatum* L. Виявлено збереження морфогенетичних потенцій на достатньо високому рівні упродовж семи-десяти циклів культивування, упродовж яких коефіцієнти розмноження коливалися у межах 5,7-8,9. Частота ризогенезу на етапі укорінення досягала 70,0-92,5 %.

Висновки. На основі проведених досліджень сформовано основні етапи біотехнологічного процесу клонального мікророзмноження ефіроолійних, ягідних і фітоенергетичних культур, які доцільно впроваджувати з метою отримання високоякісного, чистосортного садивного матеріалу для створення промислових плантацій нішевих культур.

Список використаних джерел:

1. Kachanova, T., Manushkina, T., & Kovalenko, O. Features of growth and development of *Lavandula angustifolia* when grown under drip irrigation conditions in the Southern Steppe zone of Ukraine. *Scientific Horizons*, 2023. Vol. 26, No. 3. P. 81-91.
2. Alternative energy resources. Introduction to the specialty: textbook / S. V. Boychenko, A. V. Yakovleva, O. O. Vovk, Kazymir Leida, S. Y. Shamansky; edited by S. V. Boychenko. Kyiv: NAU. 2021. 397.
3. Kalinin, F. L., Sarnackaja, V. V., & Polishhuk V. E. Methods of tissue culture in the physiology and biochemistry of cultivated plants. Kyiv: Science opinion. 1980.
4. Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962. Vol. 15, No. 3. P. 473-497.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ГЕННОЇ ІНЖЕНЕРІЇ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Дігтяр С.В., Смотрицький О.А. (м. Кременчук)

Стрімке зростання чисельності населення земної кулі вимагає інтенсифікувати пошук шляхів забезпечення людства якісними продуктами харчування. Розвиток сільськогосподарських технологій зокрема успіхи їх біоінженерної складової дозволяють цілком успішно вирішувати це проблемне питання.

Одним із перспективних напрямків в наш час є створення векторних систем [1], які дозволяють вносити до рослинних чи симбіотичним їм організмів гени стійкості зокрема до певних несприятливих факторів чи навіть до дії окремих гербіцидів.

На базі лабораторії чистих біоагентів кафедри екології та біотехнологій Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського були проведені дослідження, результатом яких стало введення гену стійкості до антибіотика (канаміцина) за допомогою плазмиди до бактеріального геному *Bradyrhizobium japonicum*. Подальша візуалізація результатів електрофорезу в агарозному гелі за допомогою ультрафіолетового випромінювання дозволили констатувати успішність експерименту на цьому етапі.

Проростки сої, вирощені в культурі з додаванням генетично зміненого *Bradyrhizobium japonicum* висаджені у відкритий ґрунт на дослідній ділянці поряд із контрольною групою (без додавання *Bradyrhizobium japonicum*). Дана технологія знаходиться у стадії розробки, в якості дослідних рослинних зразків використовуються представники переважно C₄ шляху фотосинтезу, зокрема кукурудза, сорго тощо.

Ще одним перспективним методом, який дозволяє максимально повно відтворювати рослини з особливо цінними господарськими властивостями є метод мікроклонального розмноження [2]. Дана біотехнологія була випробувана на рослинному матеріалі відібраному з кількох дерев дубу, що мають місцеве історичне значення, однак може бути застосована і для потреб садівництва.

До останніх успіхів слід віднести також випробування методу петлевої ізотермічної ампліфікації (LAMP) [3]. Використання цього методу може бути досить корисним при експрес-діагностиці тих чи інших захворювань, причому як для рослинних так і для тваринних організмів. Цей відносно новий метод ампліфікації дозволяє суттєво прискорити процес отримання результатів при цьому не вимагає залучення складного коштовного обладнання. Зокрема

процедура обробки й аналізу зразків відбувається за звичайних температурних умов з використанням відповідного типу полімерази, що позбавляє необхідності використовувати ампліфікатор. Завдяки цьому дану методику можна використовувати навіть у польових умовах.

Багатообіцяючим можна вважати також метод нанопорного секвенування, що передбачає використання відповідного портативного пристрою на кшталт MinION від компанії Oxford Nanopore Technologies, вага якого не перевищує 100 грамів. Принцип його дії полягає у використанні мікроскопічних отворів, через які молекула ДНК проходить під впливом електричного поля. Під'єднання даного приладу до ноутбуку за допомогою USB забезпечує безпосереднє зчитування сигналу від кожного нуклеотиду і побудову їх послідовності в реальному часі [4]. Первинна обробка даних може здійснюватися з використанням програмного забезпечення epi2me.

Список використаних джерел:

1. Сучасні проблеми молекулярної біотехнології / [С. І. Дубінін, В. О. Пілюгін, В. А. Ваценко та ін.]. – Полтава, 2016. 395 с.
2. Кушнір Г. П., Сарнацька В. В. Мікроклональне розмноження рослин. Теорія і практика. Київ, 2005. 270 с.
3. <https://academic.oup.com/nar/article/28/12/e63/2359194?login=false>
4. Створено портативний пристрій для секвенування геному. URL: <https://nachasi.com/news/2018/01/31/prystrij-dlya-sekvenuvannya-genomu/> (дата звернення 12.05.2025 р.)

2D ДИФУЗИЯ І ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ В БЕЗГРАДІЄНТНИХ АДСОРБОВАНИХ ПЛІВКАХ: ТЕОРІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТ

Лобурець А.Т. (м. Полтава), Заїка С.О. (м. Київ)

Двовимірні (2D) фазові переходи є універсальним інструментом для вивчення фундаментальних властивостей матеріалів та квантових систем, а також мають практичне значення для розробки нових технологій у наноматеріалах, спінтроніці, гнучкій електроніці й квантових пристроях і зараз широко застосовуються в найрізноманітніших фізичних, матеріалознавчих та біофізичних системах. Наприклад, перехід із гелеподібного в рідиноподібний

стан у ліпідних моношарах на воді, феромагнетизм в ультратонких адсорбованих плівках, Kosterlitz–Thouless-перехід у плівці надплинного гелію, колоїдні кристали на інтерфейсах, Kosterlitz–Thouless-перехід, що визначає початок надпровідності, та інше.

Для своїх досліджень ми вибрали адсорбційну систему із сильно вираженою анізотропією атомної будови грані монокристала-адсорбента. Такими є грані (112) о.ц.к. Відповідно і потенціальний рельєф такої грані буде однозначно відтворювати просторове розташування поверхневих атомів підклади. Це можуть бути дуже різноманітні системи, наприклад, дифузія та адсорбція молекул рідини у капілярах або ж *поровому просторі нафтового пласта*, процеси легування металів, формування відповідних електронних переходів у напівпровідниках, гетерогенному каталізі тощо.

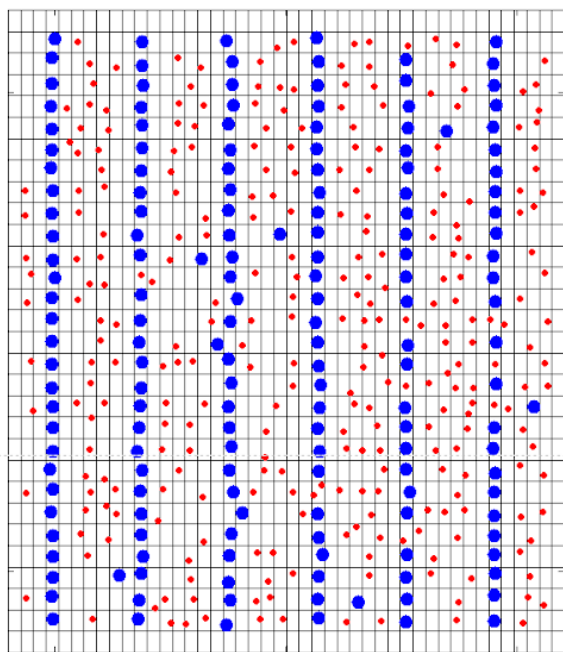
Метою роботи є вивчення на атомарному рівні процесів 2D дифузії у сильно анізотропному середовищі з використанням створеної нами математичної моделі з урахуванням характеру потенціалів латеральної взаємодії частинок. Така взаємодія у випадку відштовхування між частинками може проявлятися на віддальх в десятки ангстрем, що сильно урізноманітнює характер фазових переходів і ускладнює використання рівнянь стану речовини. Особливо це відчутно у випадку багатокомпонентних сумішей, якими є вуглеводні. Важливою особливістю молекул вуглеводнів є їхня геометрична будова. Це кількість атомів карбону у молекулі (довжина аліфатичного ланцюжка у нормальних алканах та наявність розгалужень у молекулах ізомерів). У випадку газової фази результат взаємодії при зіткненні двох молекул залежатиме ще й від їхньої взаємної орієнтації на момент зіткнення.

Як справедливо відмічають автори оглядової роботи [1], для визначення параметрів двовимірного плавлення методами комп'ютерного моделювання часто застосовуються кілька взаємодоповнюючих методів, але перш за все розраховуються рівняння стану. Вивчення фазових переходів у двовимірних

системах пов'язане з труднощами. Тому й доводиться використовувати взаємодоповнюючі методи. У випадку фазових переходів першого роду на ізотермах спостерігається утворення петель Майєра-Вуда, які є аналогами петель Ван дер Ваальса при температурах, нижче критичної. Для визначення границь фазових переходів використовують побудови Максвела. Це відрізки ліній ізобар, що відсікають рівні площі вгорі і внизу кожної ізотерми петлі Маєра – Вуда.

Відомо, що в однокомпонентній системі на фазовій діаграмі, побудованій в координатах температура – тиск, лінії кипіння та конденсації збігаються. У випадку двокомпонентної суміші ці лінії розщеплюються, утворюючи петлю. У таких системах (дво- і багатокомпонентних) спостерігаються ретроградні процеси (зворотна конденсація). Відмітимо, що експериментально петлі Маєра - Вуда на залежностях тиск – температура не спостерігаються. Це є особливістю кубічної залежності тиску від об'єму (густини), що впливає з рівняння Ван дер Ваальса. Це рівняння є дуже недосконалим, оскільки воно незадовільно відображає залежність густини рідкої фази від температури. У нафтогазовій справі рівняння Ван дер Ваальса не використовується через його погану відповідність реальним системам. Досить вдалим для практичного застосування виявилися кубічні відносно об'єму рівняння, запропоновані Редліхом – Квонгом, Пенгом – Робінсоном та Саове – Редліхом – Квонгом, які по суті є удосконаленими рівняннями Ван дер Ваальса. Існує досить велика кількість модифікацій названих вище рівнянь, виконаних іншими авторами, наприклад, зовсім недавніх [2, 3]. Це є свідченням достатньо високої ефективності рівнянь навіть для нафтогазової справи. Недоліком модифікацій є те, що вони не є універсальними і їх потрібно адаптувати під кожну конкретну задачу (знайти як правило невідомий для 2D систем ацентричний фактор Пітцера). На жаль при використанні комп'ютерного моделювання для аналізу характеру фазових переходів у 2D плівках найпростішого кубічного рівняння може привести до неправильної інтерпретації

даних. Обійшовши перелічені вище труднощі, ми створили власну математичну модель дифузії, структуроутворення та термічного руйнування субмоношарових плівок, відмовившись від використання рівнянь стану і розробивши власні методи та використовуючи відомі [4]. Приклад результатів, одержаних нами завдяки своїй математичній моделі дифузії в обмеженому (поровому) просторі, показано на рисунку.



Великими дисками означено стінки пор. Видно отвори, які сполучають пори. Матриця даних, використаних при візуалізації результатів комп'ютерного експерименту, несе повну інформацію про фазовий стан речовини та її термодинамічні і кінетичні характеристики. На рисунку показано лише один кадр із 5×10^6 ітерацій.

Список використаних джерел:

1. Ryzhov V. N. et al. Scenarios of melting of two-dimensional systems: possibilities of computer modeling // *Journal of Experimental and Theoretical Physics*. 2023. Vol. 164, No 1. P. 143–171.
2. Zhao W. et al. Modified Alpha Function for Peng-Robinson Cubic Equation of State // *Chemical Engineering Transactions*. 2020. Vol. 81. P. 547–552.
3. Vorobiova H. et al. Effect detection of using a modified Redlich-Kwong-Aungier equation of state on the calculation of carbon dioxide flow in a centrifugal compressor // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 2, No. 8 (128). P. 54–65.
4. Zaika S. O., Loburets A. T., Fedorus O. H. Phase transitions in anisotropic submonolayer adsorbed films // *NANO-2023 : selected proceedings of the 11th International Conference on Nanotechnology and Nanomaterials, August 16–19, 2023, Bukovel, Ukraine* / O. M. Fesenko, L. V. Yatsenko (eds.) – Cham : Springer, 2024. P. 397–405.

БІОТЕХНОЛОГІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ НАПОЇВ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД КУЯЛЬНИКА

Сахно Т. В., Комишенко Д. В. (м. Полтава)

Сучасна Концепція покращення харчування населення України акцентує на вирішенні проблем, пов'язаних із незбалансованим споживанням макро- та мікронутрієнтів, а також дефіцитом біологічно активних речовин. Ці проблеми зумовлені зниженням енерговитрат, зміною характеру харчування, економічною нестабільністю та погіршенням екологічної ситуації, особливо після початку повномасштабної війни.

Функціональне харчування, зокрема рідкі продукти з додатковими біоактивними компонентами, є перспективним напрямом для покращення здоров'я населення. Мінеральні води, завдяки своєму унікальному іонному складу, можуть служити основою для створення таких напоїв [1]. Особливо перспективними є мінеральні води Куяльника, які мають високий вміст натрію, хлоридів та сульфатів, що сприяє нормалізації водно-сольового обміну та покращенню травлення.

Метою дослідження є розробка біотехнологічних підходів до створення функціональних напоїв на основі мінеральних вод Куяльника, зосереджуючись на збереженні їх природних властивостей та підвищенні функціональної цінності продукту. Важливим є також використання місцевих ресурсів, оскільки переміщення мінеральних вод на далекі відстані пов'язані з труднощами транспортування, збереженням іонного складу, зниженням якості води. Одеський регіон достатньо забезпечений мінеральними та рослинними ресурсами для виробництва функціональних напоїв. Мінеральні води за складом є унікальними природними джерелами хімічних компонентів, що знаходяться в іонізованому стані. Щоденне вживання напоїв з урахуванням мінеральної води сприяє нормалізації водно-сольового обміну, та оптимізує структуру всього

раціону харчування. Мінеральні води є джерелами природних лікувальних факторів, їх окремі компоненти здатні виконувати захисну функцію при хронічних інтоксикаціях, що є надзвичайно важливим в умовах екологічного неблагополуччя.

Мінеральні води Куяльника, відомі своїм унікальним мінеральним складом і лікувальними властивостями, становлять перспективну основу для створення функціональних напоїв із підвищеною біологічною активністю. Використання біотехнологічних методів дозволяє збагачувати такі напої пробіотичними культурами, рослинними екстрактами та іншими біоактивними компонентами, сприяючи покращенню здоров'я споживачів. Товариство з додатковою відповідальністю "Одеський завод мінеральної води "Куяльник" – сучасне підприємство з власною лабораторією, оснащеною високоточним обладнанням, що відповідає міжнародним стандартам мінеральних вод.

Основними методами дослідження є: Вивчення фізико-хімічного складу мінеральних вод Куяльника. Підбір пробіотичних мікроорганізмів, сумісних із мінеральним середовищем. Розробка технологічних схем ферментації та збагачення напоїв біоактивними речовинами. Оцінка органолептичних, мікробіологічних та функціональних показників готового продукту.

Для досліджень використовували фасовану природну мінеральну воду «Куяльник», родовище якої знаходиться в Одеському регіоні. За існуючою класифікацією мінеральних вод, така вода відноситься до лікувально-столових хлоридно-натрієвих мінеральних вод. Саме ці властивості дозволяють розглядати її як перспективну сировину для виробництва різних як спортивних так і енергетичних напоїв. Характеристику мінерального складу зразків води, що використовували в експериментальних дослідженнях, наведено в таблиці.

Таблиця 1

Склад різних видів води Куяльник з свердловин Верхньо-сарматського водного горизонту

Показники	Куяльник	Куяльник І	ТонусКисень	Сімейна
Натрій-калій ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) г/дм ³	900-1300	600 – 750	160 – 260	160– 260
Кальцій (Ca^{2+}) г/дм ³	<50	15 – 20	<20	<20
Магній (Mg^{2+}) г/дм ³	<100	25 – 40	<20	<20
Хлориди (Cl^-) г/дм ³	1200–1700	850 – 950	220– 350	220–350
Сульфати (SO_4^{2-}) г/дм ³	280 – 380	120 – 180	<100	<100
Гідрокарбонати(HCO_3^-) г/дм ³	400 – 550	250 – 350	60-120	60-120
Загальна мінералізація г/дм ³	3,0 – 4,0	1,9 – 2,3	0,1 – 1,0	0,1 – 1,0
Насичення киснем (O_2) г/дм ³	–	–	20 – 150	20 – 150

Як видно з даних таблиці, Куяльник має найвищу мінералізацію серед представлених вод, з високим вмістом натрію, хлоридів та сульфатів, що робить її придатною для лікувально-столових цілей. Куяльник І має помірну мінералізацію та знижений вміст основних іонів порівняно з оригінальним Куяльником. Тонус Кисень та Сімейна мають низьку мінералізацію та знижений вміст основних іонів, що робить їх придатними для щоденного вживання. Особливістю Тонус Кисень є підвищений вміст розчиненого кисню, що дуже корисно для активного способу життя.

Розробляється технологія виробництва функціонального напою на основі мінеральної води Куяльника з додаванням екстрактів лікарських рослин. Отриманий напій характеризується стабільною мікрофлорою, приємними органолептичними властивостями та потенційною користю для здоров'я, зокрема для покращення травлення та імунної системи. У розробці функціональних напоїв на основі мінеральних вод Куяльника важливо враховувати не лише їх унікальний мінеральний склад, але й безпечність та якість води, особливо в контексті мікробіологічної чистоти [2,3]. Сучасні технології знезараження води, зокрема ультрафіолетове (УФ) опромінення, є ефективними методами забезпечення мікробіологічної безпеки без використання хімічних реагентів. Дослідження показали, що УФ-опромінення ефективно

знищує патогенні мікроорганізми, зберігаючи при цьому органолептичні властивості води [4,5]. Крім того, комбіноване використання УФ-опромінення з іншими методами, такими як озонування, може підвищити ефективність знезараження, особливо в умовах високої мінералізації води [6,7]. Це особливо актуально для мінеральних вод Куяльника, які характеризуються високим вмістом мінералів. Також важливо враховувати фізико-хімічні показники якості води, такі як рН, жорсткість та мінералізація, які впливають на смакові властивості та безпечність напоїв [8]. Зокрема, вода з оптимальним рівнем рН та мінералізації сприяє покращенню травлення та загального самопочуття споживачів. Враховуючи роль води в житті рослин, зокрема її участь у фотосинтезі та транспортуванні поживних речовин [9], використання екстрактів лікарських рослин у функціональних напоях на основі мінеральних вод Куяльника може посилити їх біологічну активність та корисні властивості. Таким чином, інтеграція сучасних методів знезараження води, врахування фізико-хімічних показників якості та використання біоактивних компонентів рослинного походження є ключовими аспектами у розробці безпечних та ефективних функціональних напоїв на основі мінеральних вод Куяльника.

Список використаних джерел:

1. Sugajski, M.; Buszewska-Forajta, M.; Buszewski, B. *Functional Beverages in the 21st Century. Beverages* 2023. Vol. 9. P. 27.
2. Сахно Т. В. Біотехнологія води (water biotechnology) : навчальний посібник / Т. В. Сахно, А. О. Семенов. – Полтава : ПУЕТ, 2020. – 85 с.
3. Семенов А.А., Сахно Т.В., Кобищан А.Д., Моделювання УФ-випромінювання при бактерицидному знезараженні води. *Вісник національного технічного університету «ХПІ»: Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Х.: НТУ «ХПІ» 2014. № 48 (1090). 191 с.
4. Семенов А.О., Кожушко Г.М., Сахно Т.В. Бактерицидне знезараження води в басейнах комплексною дією озону та УФ-опроміненням. *Комунальне господарство міст.* 2018. В. 7(146). С. 264-270.
5. Semenov A., Sakhno T. Method of ultraviolet disinfection of water in fish growing in recirculation aquacultural systems. *The scientific heritage* No 50 (2020) P.1 (Budapest, Hungary). С. 53-58.
6. Семенов А.О., Сахно Т.В., Семенова Н.В. Екологічність та безпечність методів знезараження стічних вод. *Хімія, біотехнологія, екологія та освіта : збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної інтернет- конференції (м. Полтава, 16-17 травня 2022 року).* – Полтава, 2022. С.117-121.
7. Semenov A.A., Kozhushko G.M., Sakhno T.V. Device for germicidal disinfection of drinking water by using ultraviolet radiation. *«Вестник Карагандинского университета» ФИЗИКА сериясы № 1(81)/2016* С.77-80.
8. Сахно Т.В., Семенов А.О., Сахно Ю.Е. Показники якості води та їх вимірювання *Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (заочна форма) «Якість та безпечність*

продукції у внутрішній і зовнішній торгівлі й торговельне підприємництво: сучасні вектори розвитку і перспективи» ПДАУ, 15 лютого 2023 року, С.250-253. 9. Вода в житті рослин: Навчальний посібник / М.М. Маренич, Т.В. Сахно, В.В. Гангур. Полтава: ПДАУ, 2023. с. (2023-04-24) М.М. Маренич, Т.В. Сахно, В.В. Гангур Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 201 – Агрономія, та за спеціальністю 162 – Біотехнології та біоінженерія 5,2 друк арк

МІЖМОЛЕКУЛЯРНІ ВІДСТАНІ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ЕРИТРИТУ ТА АДОНИТУ

Сасенко О. В. (м. Полтава)

Багатоатомні спирти (поліоли), зокрема еритрит, дедалі більше привертають увагу як перспективні низькокалорійні замінники цукру у харчовій промисловості, завдяки своїм привабливим сенсорним властивостям, високій термічній стабільності та добрій розчинності у воді [4, 5], також вони знайшли широке використання в медицині та косметичній промисловості.

Важливим параметром у фізиці рідин та рідинних систем є міжмолекулярна вільна довжина (L_f) – величина, що характеризує середню відстань між молекулами та відображає ступінь їх взаємодії. Ця величина є чутливим індикатором зміни структурної організації молекул у рідинному середовищі та використовується для аналізу міжмолекулярного простору на основі акустичних і термодинамічних властивостей. Зокрема (L_f), часто розраховують із застосуванням формули Якобсона [1], що пов'язує її з адіабатичною стисливістю та густиною рідини. Значення L_f дозволяє встановити зв'язок між макроскопічними властивостями рідини й мікроскопічною структурою, що робить її корисною у вивченні молекулярних взаємодій у розчинах. Аналіз міжмолекулярної вільної довжини допомагає з'ясувати ступінь структурних змін у воді під впливом поліольних молекул. Таким чином, L_f виступає важливим інструментом у дослідженнях сольватації, кластероутворення та мікроскопічної структури водних систем із біологічно значущими сполуками. Актуальними такі дослідження є наприклад, для водних

розчинів поліолів, де зміна L_f відображає характер водневих зв'язків і міру впорядкованості водного оточення навколо розчиненої речовини [2, 3]. Зіставлення L_f для систем різних поліолів дозволяє встановити особливості поведінки розчинів при зміні температури концентрації залежно від типу поліолу.

Для розрахунку міжмолекулярної вільної довжини L_f , яка зазвичай подається в ангстремах Å, використовується формула Якобсона:

$$L_f = K \cdot \sqrt{\frac{1}{\rho c^2}},$$

де c – швидкість звуку (см/с), ρ – густина (г/см³). Величина $K = (93,875 + 0,375 \cdot T) \times 10^{-7}$ (см) – стала Якобсона має емпіричне походження її значення залежить як від температури T так і від типу розчиненої речовини або розчинника. Наприклад, значення сталої Якобсона для чистої води при 293 К дорівнює приблизно $2,131 \times 10^{-6}$ см не обов'язково застосовне до водних розчинів поліолів чи солей. Деякі дослідники навіть використовують різні коригувальні коефіцієнти для різних класів хімічних сполук [6, 7, 8].

У таблиці 1. наведено значення L_f розраховані на основі експериментальних даних про густину та швидкість поширення звуку для двох систем вода – еритрит і вода – адоніт. У таблиці також представлені абсолютні ΔL_f та відносні L_f відхилення у значеннях міжмолекулярної вільної довжини розчинів еритриту і адоніту.

Таблиця 1

Величини міжмолекулярної вільної довжини L_f (Å) у системі вода – еритрит та вода – адоніт при різних температурах та концентраціях

T, (K)	L_f (еритрит), (Å)	L_f (адоніт), (Å)	ΔL_f , (Å)	L_f , (%)
	10 мас. %			
293	5.959	5.910	0.049	0,8
303	5.895	5.830	0.065	1,1
313	5.865	5.770	0.095	1,6
323	5.864	5.740	0.124	2,2
333	5.869	5.720	0.149	2,6

343	5.896	5.740	0.156	2,7
353	5.946	5.770	0.176	3,1
20 мас. %				
293	5.617	5.480	0.137	2,5
303	5.570	5.450	0.120	2,2
313	5.550	5.430	0.120	2,2
323	5.559	5.440	0.119	2,2
333	5.572	5.450	0.122	2,2
343	5.601	5.480	0.121	2,2
353	5.649	5.520	0.129	2,3
30 мас. %				
293	5.248	5.120	0.128	2,5
303	5.238	5.110	0.128	2,5
313	5.250	5.110	0.140	2,7
323	5.272	5.130	0.142	2,8
333	5.293	5.160	0.133	2,6
343	5.324	5.200	0.124	2,4
353	5.365	5.260	0.105	2,0

Характерним для досліджуваних систем є наявність незначного мінімуму величин міжмолекулярної вільної довжини у інтервалі температур 303 – 333 К із загальною тенденцією зростання L_f при підвищенні температури. Така поведінка L_f може свідчити про послаблення міжмолекулярних взаємодій у розчинах з підвищенням температури.

Зростання концентрації (від 10 до 30, мас.%), призводить до зменшення міжмолекулярної вільної довжини в обох системах. Це можна пояснити тим, що більша кількість розчиненої речовини (еритриту або адоніту) призводить до ущільнення структури розчинника, тобто до зменшення середньої відстані між молекулами.

Усі значення L_f для еритритолу є більшими за відповідні значення для адоніту при тих самих температурах і концентраціях. Різниця лежить у межах 0.08 – 0.140 Å (відносна 1 – 3 %), що пояснюється меншим розміром молекули еритриту та вищим ступенем структурування водного середовища. Зазначені

відмінності свідчать про суттєві структурно-динамічні відмінності розчинів цих двох поліолів.

Описана поведінка міжмолекулярної вільної довжини вказує на те, що молекули еритриту слабше взаємодіють з водою ніж молекули адоніту, який спричинює сильнішу структуризацію водного середовища, зменшуючи міжмолекулярні відстані

За результатами проведених досліджень можна стверджувати, що еритрит утворює менш щільну структуру порівняно з адонітом, про що свідчать більші величини міжмолекулярної вільної довжини. Тобто, адоніт спричиняє більшу структуризацію водного середовища завдяки більш ефективній взаємодії з молекулами води.

Різниця в структурному ефекті між двома поліолами стає помітнішою при нагріванні, особливо в розбавлених розчинах, що вказує на полегшення структурноруйнівного впливу температури в низькоконцентрованих розчинах.

Список використаних джерел:

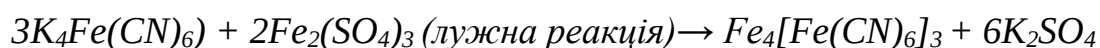
1. Jacobson, B. Intermolecular free lengths in liquids by ultrasonic methods // *Transactions of the Faraday Society*. 1952. Vol. 48. P. 823–829.
2. Kumar, R.; Dhakad, R. Ultrasound velocity and compressibility study in aqueous sugar alcohols // *Journal of Molecular Liquids*. 2021. Vol. 329. Article ID 115441.
3. Roy, M.N.; Chakraborti, A.; Barman, S. Ultrasonic and volumetric investigations of some aqueous solutions of polyols // *Journal of Chemical Thermodynamics*. 2014. Vol. 77. P. 43–49.
4. Munjal N., Kapur G. Molecular interactions of aqueous solution of erythritol from density and speed of sound measurements at temperatures from (288.15 to 308.15) K // *Journal of Molecular Liquids*. 2016. Vol. 223. P. 303–311.
5. Warminska D. Volumetric, compressibility and refractive properties of aqueous solutions of selected sugar alcohols at different temperatures // *Journal of Molecular Liquids*. 2019. Vol. 278. P. 643–653.
6. Sharma R. D., Sharma S. Sharma, R. D., & Sharma, S. Intermolecular free length and free volume of pure liquids at varying temperatures and pressures // *Indian Journal of Chemistry. Section A: Inorganic, Bio-inorganic, Physical, Theoretical & Analytical Chemistry*. 2008. Vol. 47A, No. 7. P. 1020–1025.
7. Jeyakumar S. J., Rajendran S. Jeyakumar, S. J., & Rajendran, S. Prediction of ultrasonic velocity and intermolecular free-length and compressibility in binary liquid mixtures // *Journal of Advanced Scientific Research*. 2020. Vol. 11, No. 1. P. 120–131.
8. Thanuja B., Suresh M. Thanuja, B., & Suresh, M. Intermolecular interactions in binary mixtures of 2-Chloroethanol with 1-alkanols: An ultrasonic study // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2013. Vol. 436. P. 102–110.

АНАЛІТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БІОХІМІЧНОГО МЕТОДУ ОЦІНКИ ВМІСТУ ВОДОРОЗЧИННИХ ЦУКРІВ У ЗЕЛЕНИХ КОРМАХ РОСЛИННОГО ГЕНЕЗУ

Чечуй О.Ф. (м. Харків)

Основою кормовиробництва є годівля сільськогосподарських тварин й птиці збалансованими за хімічним складом кормами рослинного ґенезу, тобто зеленою масою агрономічно цінних сільськогосподарських культур, є передумовою їх здоров'язбереження та підвищення продуктивності [1]. Цукри є одним із критеріїв якості кормів, що складають поживну енергетичну цінність раціону, тому складають основу раціону об'єктів тваринництва. В той же час, забезпеченість рослинної сировини цукрами залежить як від фізіологічного стану рослинних посівів, так й від технологічних та кліматичних умов агровиробництва, причому рослини на етапі активного фотосинтезу містять найбільший відсоток водорозчинних цукрів, які швидко перетравлюються в організмі споживачів рослинної продукції, тому важливим аспектом аналітичної оцінки якості рослинної сировини є біохімічний контроль вмісту вищенаведених хімічних критеріїв у посівах агрономічно цінних сільськогосподарських культур [2,3]. Сучасним стандартизованим зоотехнічним методом аналізу вмісту цукрів у рослинній сировині є метод Бертрана [4], проте, в ході його проведення застосовуються етапи осадження- промивання осаду фільтрату цукрів із хімічними реактивами із відповідною декантацією, внаслідок чого відбуваються певні втрати частки водорозчинних цукрів, які враховуються при аналізі кількісному аналізі, у зв'язку з чим актуальним є дослідження вмісту вищенаведених критеріїв якості кормів рослинного походження при застосуванні опрацьованого нами методу біохімічного аналізу, що становить мету даної роботи.

Наведемо окремі технологічні етапи проведення удосконаленого нами біохімічного методу аналізу вмісту водорозчинних вуглеводів [5] у зелених кормах рослинного походження, на прикладі листя тритікале ярого, люцерни посівної, кукурудзи, сорго і рапса, заснованого на реакції лужного відновлення ферриціаніду калію, що здійснюється редукуючими цукрами фотосинтезувальних клітин рослин, до фероціаніду за наявності сірчанокислого феруму за наступної хімічної реакції:



Першою стадією є екстракція водорозчинних цукрів, при проведенні якої до наважки корму у порцеляновій ступці додають подрібнене очищене скло на кінчику металевого пінцету лабораторного, після чого вносять у пробірки та, за додавання води дистильованої, кип'ятять за температури 80°C на протязі 5 хв., після чого екстракцію повторюють за умови застосування скляної лійки, яка використовується в якості зворотнього холодильнику, при витримуванні пробірок із дослідними та контрольними розчинами на водяній лазні за даної температури на протязі 30 хв. Надосадову рідину фільтрують в іншу ємкість, а осаду повторно екстрагують за вищенаведеного. Наступний етап аналізу полягає в осадженні протеїнів з дослідних рослинних витяжок шляхом додавання розчину трихлороцтової кислоти, ця стадія необхідна для розщеплення вуглеводно-протеїнового комплексу у клітинах фотосинтезувальних органів сільськогосподарських культур. Остання аналітична стадія аналізу кормів на вміст олігоцукрів полягає у фотоколориметричному визначенні їх концентрації в ході здійснення кольорової реакції між цукрами рослинного фільтрату, а також вищенаведеними хімічними реагентами, при цьому проміжним аналітичним етапом цієї стадії є здійснення кислотного гідролізу на водяній лазні за температури 70°C на протязі рівно 6 хв із наступною реакцією нейтралізації, перебіг якої контролюють за лакмусовим папером. Вимірюють оптичну щільність розчинів у пробірках, призначених для дослідних зразків у пробірках

проти контрольного зразка на ФЕЦі при довжині хвилі 670 нм. Концентрацію олігосахаридів у дослідних зразках визначають за *калібрувальним графіком*, в якості стандарту використовують глюкозу марки чда. Результати вмісту водорозчинних олігоцукрів виражають у мг/г корму. Даний удосконалений нами метод біохімічного аналізу кормів рослинного походження є більш аналітично точним відносно до стандартизованого зоотехнічного методу Бертрана, що є актуальним для точнішого розрахунку кормового раціону сільськогосподарських тварин і птиці на основі результатів забезпеченості кормів вуглеводами.

Таким чином, при порівнянні наведеного у роботі біохімічного методу аналізу олігоцукрів із традиційним зоотехнічним методом з'ясовано, що останнім методом отримують дані щодо загального вмісту цукрів, які є сумою оліго- та поліцукрів, той час як за біохімічним методом – суми олігоцукрів, що є важливим для більш точного розрахунку раціону тварини й птиці. Використання наведеного біохімічного методу визначення олігоцукрів скоротить час аналізу, що є актуальним при оцінці забезпеченості зеленої маси масі кормів, що дасть змогу своєчасно виявити потребу та регулювати технологію виробництва та приготування кормів.

Список використаних джерел:

1. Бегма Н. А. Використання кормів: підруч. Дніпро: Ліра, 2018. 168 с.
2. Єгоров Б.В., Кочетова А. О, Величко Т. О, Хоренжий Н. В. Контроль якості та безпека продукції в галузі (комбікормова галузь): підруч. / Під заг. ред. Б. В. Єгорова. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 2013. 446 с.
3. Огурицов Є. М., Міхєєв В.Г, Петров В.М., Станкевич С. В., Кабанець В.В. Інноваційні технології в кормовиробництві: навч. посіб. Житомир: Рута, 2024. 572 с.
4. Лавринюк О. О. Бурлака В. А. Зоотехнічний аналіз кормів. Хімічний та атомно-адсорбційний аналіз кормів: навч. практи. Житомир: ЖНАУ, 2016. 110 с.
5. Чечуй О. Ф., Крикунова В. Ю, Міленко О. Г. Біохімічні основи формування продуктивності рослинної сировини: навч. посіб. Полтава: ПДАУ, 2024. 206 с.

СЕЗОННА ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН МОРСЬКОЇ ТРАВИ *ZOSTERA MARINA* ЯК ПЕРСПЕКТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛІКАРСЬКИХ ПРЕПАРАТІВ

Караюмер А.Ю., Бойцун В.Т. (м. Київ)

Традиційними джерелами пектину є вторинні сировинні ресурси переробки цитрусових плодів, яблук, цукрового буряку та інших наземних рослин. Однак зростаючий попит на пектин та обмеженість сировинної бази стимулюють пошук альтернативних джерел для одержання пектину. Морські трави та водорості представляють значний інтерес як потенційне джерело пектинових речовин з унікальними біологічними властивостями.

Особливу увагу привертає морська трава *Zostera marina*, що належить до родини *Zosteraceae* та має значні запаси в Азово-Чорноморському басейні. Водночас, ефективне використання зостери як промислового джерела пектину потребує детального вивчення динаміки накопичення пектинових речовин протягом вегетаційного періоду для визначення оптимальних термінів збору сировини [1].

Для виділення пектину морські трави родини *Zosteraceae* було зібрано вздовж берегової лінії курортних зон Херсонської області (Україна) та провінції Айдин (Туреччини). Рослинний матеріал ретельно промивали прісною водою та висушували при температурі повітря температурі 18-25°C.

Для виділення пектину морські трави оброблялись 1-%м розчином $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ у термостаті при температурі 50 °C (гідромодуль 1:15) протягом 5 годин. Для забезпечення екстракції пектину розчини залишали на 10 годин. Осадження проводили HCl (10% мас.) попередньо відділивши гідролізат від водоростевого залишку. Пектин осаджували у вигляді желеподібної фази, яку відокремлювали від розчину та висушували при кімнатній температурі.

Дослідження сезонної динаміки накопичення пектинових речовин у морській траві *Zostera marina* показало значні коливання їх вмісту протягом вегетаційного періоду (рис.1). Мінімальний вміст пектинових речовин спостерігається у зразку № 2 зібраного у червні (2,3%), тоді як максимальне значення зафіксовано для зразку № 3 (6,7%), що був зібраний у жовтні. Для зразків № 1 та № 3 спільним є час збору біомаси, але відмінне географічне розташування водоростей, що видно у кількості виділеної пектинової фракції. Тоді як для зразки № 1 та № 2 маючи одне місце росту суттєво відрізняються за кількістю накопиченого пектину.

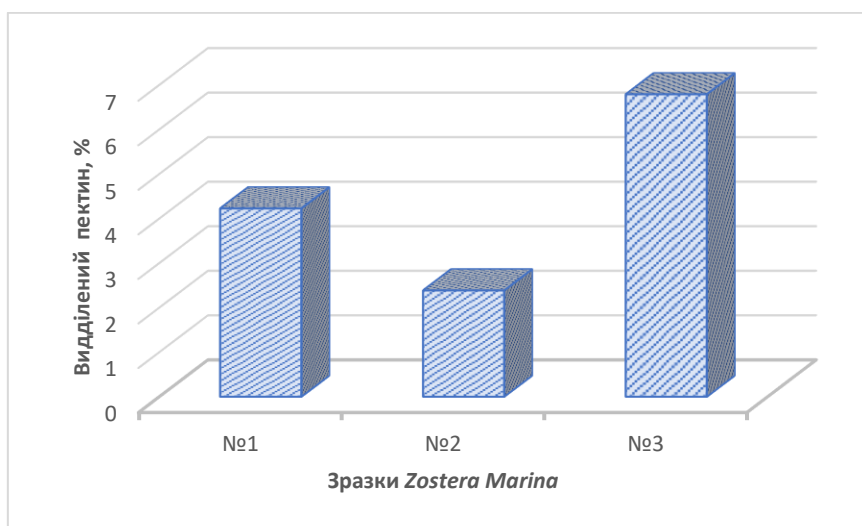


Рис. 1. Сезонна динаміка вмісту пектинових речовин у морській траві *Zostera marina*

Зовнішні характеристики пектину, отриманого з різних дослідних зразків, демонструють помітні відмінності. Пектин, екстрагований із зразка № 2, формує неструктурований гелеподібний розчин без наявності виражених желеподібних утворень. Водночас пектин із зразків № 1 і № 3 після осадження утворює стабільну гелеподібну масу. У водоростях, зібраних восени, спостерігається не лише підвищений вміст пектину, а й покращення його фізико-хімічних властивостей.

Завдяки властивостям гелеутворення та здатності регулювати в'язкість, пектин з *Zostera marina* має значний потенціал для розробки різних лікарських

форм, включаючи гелі, капсули та таблетки для контрольованого вивільнення активних речовин, що особливо важливо для лікування запальних захворювань шлунково-кишкового тракту [2-3].

Доведено, що оптимальним періодом для збору сировини з метою отримання пектину є осінній період (жовтень), коли спостерігається підвищення вмісту пектину та покращення його якості, що проявляється у формуванні стійкої желеподібної структури.

Таким чином, пектин, отриманий з водоростей, має великий потенціал для застосування в сучасній медицині завдяки своїм винятковим властивостям – зокрема антибактеріальній, протівірусній, антиоксидантній та протипухлинній активності, а також високій біосумісності. Його використання відкриває перспективи для розробки природних і безпечних лікарських засобів із мінімальними побічними ефектами.

Список використаних джерел:

1. Donchenko L., Bityutskaya O., Vlaschik L., Limareva N. Biologically Active Complex with High Antioxidant Properties Based on Macrophytes of the Azov-Black Sea Basin // *KnE Life Sciences*. - 2019. P. 592-603.
2. Li Y, R L, Scarpato S, Çiçek S S, Jordheim M, Stenclov T, Strnad M, Mangoni A, Zidorn C, Felipe Seasonal variation of phenolic compounds in *Zostera marina* (Zosteraceae) from the Baltic Sea. *Plazi.org taxonomic treatments database. Checklist dataset*. 2022.
3. Grignon-Dubois, M., Rezzonico. B. Phenolic chemistry of the seagrass *Zostera marina* Linnaeus: First assessment of geographic variability among populations on a broad spatial scale *Phytochemistry* Volume 213, September 2023. URL: <https://www.sciencedirect.com/journal/phytochemistry/vol/213/suppl/C> (дата звернення 11.05.2025 р.)

ВИКОРИСТАННЯ ВАНІЛІН-СУЛЬФАТНОЇ РЕАКЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ МЕНТОЛУ

Цикало А. Ю., Корінний С.М. (м. Полтава)

Ментол – є циклічним монотерпеновим спиртом, та завдяки своїм властивостям є цінною сировиною для багатьох галузей промисловості: фармацевтичної, харчової, тютюнової та косметичної. У промислових масштабах ментол отримують шляхом екстракції з ефірних олій

високоментоловмісних видів м'яти, а також за допомогою синтетичних методів, здебільшого для нехарчових потреб [4]. Різноманітне застосування ментолу підкреслює необхідність в ефективному та простому методі надійного контролю його вмісту в кінцевих продуктах для гарантування їхньої якості та безпеки, а також безпеки працівників [1]. Одним з таких методів є спектрофотометричне визначення ментолу, що потребує проведення додаткових хімічних реакцій, які утворюватимуть кольоровий комплекс з ментолом. Традиційні аналітичні методи, такі як газова хроматографія (ГХ), високоефективна рідинна хроматографія (ВЕРХ) та спектроскопія ядерного магнітного резонансу (ЯМР), забезпечують високу точність і селективність при визначенні ментолу [3, 2, 1], проте, вони часто пов'язані зі складною пробопідготовкою, або з високовартісним обладнанням. У цьому контексті спектрофотометричні методи, що базуються на кольорових реакціях ментолу з ароматичними альдегідами, такими як ванілін або саліцилальдегід [1, 2], в кислому середовищі, представляють собою перспективну альтернативу [2, 3]. Ці методи відрізняються простотою виконання, високою чутливістю та економічною ефективністю, дозволяючи проводити швидко та надійне визначення ментолу в різних матрицях. Зокрема, ванілін-сульфатна реакція є багатообіцяючою завдяки утворенню стабільного забарвленого продукту, який може бути кількісно визначений за допомогою спектрофотометрії, що робить її придатною для рутинного контролю якості в промисловості [3, 4].

Ванілін-сульфатна реакція базується на реакції ментолу та ваніліну в присутності концентрованої сульфатної кислоти. Ментол ($C_{10}H_{20}O$) у концентрованій сульфатній кислоті (H_2SO_4) зазнає часткового окислення гідроксильної групи до кетону (ментону – $C_{10}H_{18}O$), що каталізується сульфатною кислотою, як окисником [1, 4]. Сульфатна кислота також дегідратує ментол, сприяючи електрофільній конденсації з альдегідною групою ваніліну ($C_8H_8O_3$), утворюючи забарвлений хромофорний комплекс темно-червоного,

рожевого, або жовтуватого кольору, інтенсивність якого пропорційна концентрації ментолу та вимірюється спектрофотометрично на довжинах хвиль 490-525 нм [1, 2, 4].

У своєму досліді проводили ванілін-сульфатну реакцію на розчинах ментолу у $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{к})}$ з завідомо відомими концентраціями для побудови калібрувального графіку (табл. 1) на довжині хвилі 525 нм (Рис.1).

Таблиця 1

Визначення концентрації ментолу спектрофотометричним методом

№	C=0,188мг/мл	C=0,375 мг/мл	C=0,75 мг/мл	C=1,5 мг/мл
1	0,095	0,575	1,279	1,840
2	0,103	0,638	1,428	2,055
3	0,096	0,599	1,334	1,950
ΔD	0,098	0,604	1,347	1,948

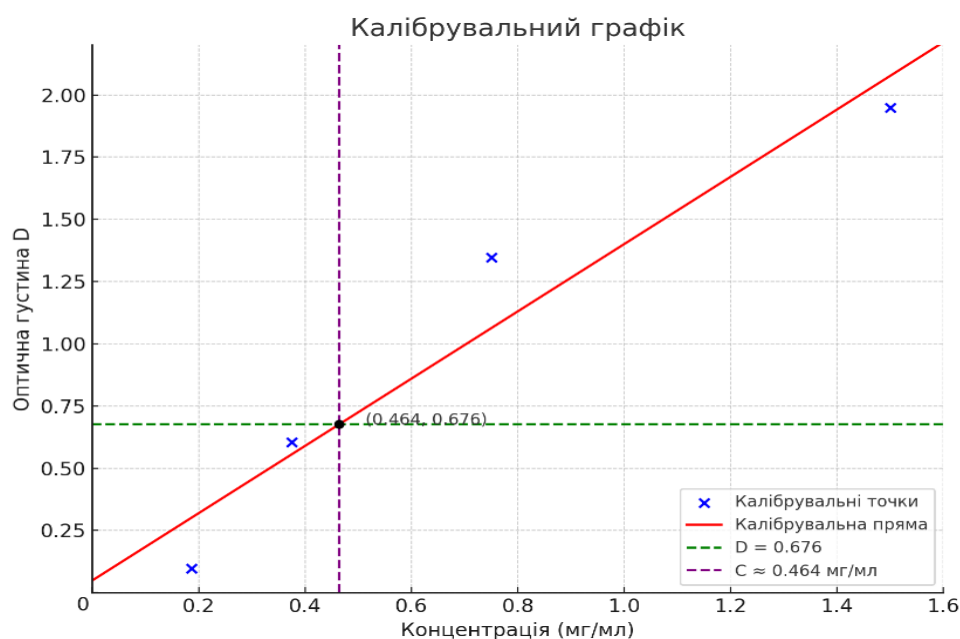


Рис. 1. Калібрувальний графік для визначення концентрації ментолу

Також визначено концентрацію ментолу в комерційному зразку м'яти перцевої, провівши екстракцію етанолом її ефірних олій [1-4].

На базі отриманого графіку було визначено вміст ментолу в комерційному зразку м'яти перцевої, оптична густина розбавленої в 10^{-2} витяжки якої наведена у таблиці 2.

Таблиця 2

Визначення концентрації ментолу в комерційному зразку м'яти перцевої

№	Зразок м'яти
1	0,640
2	0,715
3	0,668
ΔD	0,676

Концентрація ментолу в комерційному зразку визначалася за формулою:

$$C = \frac{D-0,048}{1,352} = \frac{0,676-0,048}{1,352} = 0,465 \text{ мг/мл}$$

Де D – оптична густина розчину, C – концентрація ментолу (мг/мл), 1,352 – коефіцієнт нахилу, а 0,048 – перетин із віссю Y. Ці значення були обчислені на основі даних експерименту

Висновки:

1. Ванілін-сульфатний метод визначення ментолу забезпечує просте, чутливе та надійне спектрофотометричне визначення ментолу з доволі низькою межею виявлення.
2. Калібрувальний графік, побудований за оптичною густиною стандартних розчинів ментолу, дозволяє точно визначати концентрацію ментолу, демонструючи лінійну залежність і високу відтворюваність методу, що дозволяє використовувати його в якості дешевшої заміни більш дорогим методам.
3. До недоліків методу належить обмеження в часі: після приблизно однієї години хімічні процеси в розчині починають спотворювати результати.

Список використаних джерел:

1. Kushwah, H., Hans, T., Chauhan, M., Mittal, G., & Sandal, N. Development and validation of the spectrophotometric method for the determination of menthol. *Journal of Applied Spectroscopy*. 2020. Vol. 87, No. 3. P. 563–567
2. Anastasia-Sandu, A. N. D. A., Bîrzu, S. E. R. G. I. U., Ditu, I., & Bulgariu, L. Direct determination of menthol using a simple spectrophotometric method. *Bul. Inst.*

Politeh. Iași, 2013. Vol. 59. P. 72-80. 3. Nadeem, F., Hanif, M. A., Bhatti, I. A., & Qadri, R. W. K. (2022). Improved spectrophotometric method for fast and accurate quantitative determination of menthol in essential oils. Food Analytical Methods, 2022. Vol. 15, No. 6. P. 1575-1580. 4. Alankar, S. A review on peppermint oil. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, 2009. Vol. 2, No 2. P. 27-33.

ВПЛИВ СИРОПУ КАЛИНИ НА ЗАКВАШУВАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАКТОБАКТЕРІЙ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТУ

Барієв О.О., Крикунова В.Ю. (м. Полтава)

Розробка новітніх технологій функціональних молочнокислих продуктів є актуальним завданням, оскільки харчові продукти повинні не лише забезпечувати організм людини необхідними речовинами, а й сприяти зміцненню здоров'я та мати профілактично-лікувальні властивості [1].

Об'єктом дослідження у нашій роботі був вплив харчової добавки – сиропу калини [2] з концентрацією 2%, 4%, 6% на ріст молочнокислих бактерій у технології виробництва біойогурту на основі бактеріальної закваски «VIVO». Цю закваску було обрано завдяки високому вмісту живих і корисних бактерій родини *Lactobacillus*, (ацидофільна паличка *Lactobacillus acidophilus*, біфідобактерії *Bifidobacterium lactis*) та інші.

Аналізуючи вплив сиропу калини на процес кислотоутворення і розмноження лактобактерій за ферментації молочної суміші було з'ясовано, що активність мікроорганізмів безпосередньо впливає на продукування молочної кислоти та збільшення титрованої кислотності йогурту. В наших дослідженнях титрована кислотність була оптимальною у межах 80-85°Т і не впливала на смакові характеристики продукту. При концентрації сиропу калини у йогурті 2% практично не спостерігалось змін у динаміці титрованої кислотності порівнюючи з контролем – сквашування без сиропу калини. Так за 300 хв ферментації у варіанті з 4% сиропу калини титрована кислотність зросла до рекомендованої технологічною інструкцією 80 °Т, тобто як у контролі. У той же час збільшення кількості сиропу у технологічній суміші до 6% веде до деякого

сповільнення утворення молочної кислоти, що очевидно пов'язано з антибактеріальними властивостями сиропу. Зокрема через 300 хвилин сквашування значення титрованої кислотності зросло до $74,2 \pm 0,3$ °Т, а за 6% кількості сиропу у сквашувальній суміші до $70,1 \pm 0,3$ °Т, тобто проявлявся виражений вплив сиропу на кислотоутворюючі властивості молочнокислих лактобактерій [3,4]

З метою всебічного оцінювання ферментативного процесу кислотоутворення на стадії сквашування продукту з сиропом калини ми визначали кількість молочнокислих бактерій у сквашувальній суміші. Результати досліджень розмноження молочнокислих бактерій у молочній суміші з 2 %, 4 % та 6 % сиропу калини проти контролю наведено в табл. 1.

Таблиця 1.

Дослідження розмноження молочнокислих бактерій у молочній суміші з 2 %, 4 % та 6% сиропу калини, проти контролю, $M \pm m$, $n=12$

Ферментація протягом, хв	Контроль без сиропу калини	Кількість молочнокислих бактерій у молочній суміші, КУО/см ³		
		з сиропом калини 2 %	з сиропом калини 4%	з сиропом калини 6%
0	$2,5 \pm 0,1 \times 10^4$	$2,5 \pm 0,1 \times 10^4$	$2,5 \pm 0,1 \times 10^4$	$2,5 \pm 0,1 \times 10^4$
100	$3,4 \pm 0,1 \times 10^5$	$3,4 \pm 0,2 \times 10^5$	$3,5 \pm 0,2 \times 10^5$	$3,5 \pm 0,2 \times 10^5$
200	$1,8 \pm 0,2 \times 10^6$	$1,6 \pm 0,2 \times 10^6$	$6,7 \pm 0,1 \times 10^6$	$1,3 \pm 0,1 \times 10^5$
300	$3,4 \pm 0,2 \times 10^{9*}$	$4,0 \pm 0,2 \times 10^{9*}$	$7,5 \pm 0,2 \times 10^{9*}$	$7,7 \pm 0,2 \times 10^8$
400	$7,5 \pm 0,1 \times 10^{9*}$	$7,9 \pm 0,3 \times 10^{9*}$	$8,7 \pm 0,1 \times 10^{9*}$	$8,9 \pm 0,3 \times 10^8$
500	$8,1 \pm 0,2 \times 10^{9*}$	$8,4 \pm 0,2 \times 10^{9*}$	$8,9 \pm 0,1 \times 10^{9*}$	$8,4 \pm 0,3 \times 10^8$
600	$3,5 \pm 0,1 \times 10^{10*}$	$2,7 \pm 0,1 \times 10^{10*}$	$4,1 \pm 0,2 \times 10^{10*}$	$3,1 \pm 0,4 \times 10^9$

За результатами досліджень з наведених у табл.1, даних ми з'ясували, що у процесі ферментації молочної суміші відмічається залежність щодо росту молочнокислих бактерій за впливу різної концентрації сиропу калини. Зокрема, спостерігається при всіх ферментаціях від 100 до 600 хв. харчова добавка з

концентрацією 6% сиропу калини, практично, уповільнює ріст бактерій, що пояснюється бактерицидною та фітонцидною дією калини та наявності у плодах циклічного алкоголь вібурнітолу, вібурніну з гіркотою, оцтової та ізовалеріанову кислоти.

Так після 300 хв ферментації у контрольному йогурті кількість мікроорганізмів становила $3,8 \pm 0,2 \times 10^9$ КУО/см³, що на порядок більше ніж у варіанті йогурту з кількістю сиропу калини 6% ($7,7 \pm 0,2 \times 10^8$ КУО/см³) та з концентраціями калини 2% і 4% кількість лактобактерій зростала і становила $4,0 \pm 0,2 \times 10^9$ та $7,5 \pm 0,2 \times 10^9$ КУО/см³ відповідно.

Продовження процесу ферментації (400 хв і 500 хв) більш інтенсивніше впливало на ріст молочнокислих мікроорганізмів у варіантах з концентрацією сиропу 4% та зменшення кількості молочнокислих бактерій з концентрацією сиропу 6 %. Так вже через 400 хв ферментації у йогурті з калиною 4% кількість молочнокислих лактобактерій становила $8,7 \pm 0,1 \times 10^9$ проти контролю $7,5 \pm 0,1 \times 10^9$ і при концентрації 6 % - $8,9 \pm 0,3 \times 10^8$ (на порядок менше) проти контрольного зразку йогурту. Така ж тенденція спостерігалась і при ферментації 500 хв: зростало кількість бактерій з концентрацією харчової добавки від 2% - $8,4 \pm 0,2 \times 10^9$ КУО/см³, до 4 % - $8,9 \pm 0,1 \times 10^9$ * КУО/см³ проти контролю $8,1 \pm 0,2 \times 10^9$.

При продовженні ферментації з таким же інтервалом часу (400 і 500 хв) інгібуюча дія на молочнокислі бактерії впливала концентрація сиропу калини – 6%: і була менша на один порядок ніж у контролі і становила $8,9 \pm 0,3 \times 10^8$ КУО/см³ і $8,4 \pm 0,3 \times 10^8$ КУО/см³ проти контролю $7,5 \pm 0,1 \times 10^9$ КУО/см³ та $8,1 \pm 0,2 \times 10^9$ КУО/см³ відповідно. При ферментації 600 хв контроль становив $3,5 \pm 0,1 \times 10^{10}$ КУО/см³, ріст бактерій продовжувався при концентрації 4% і дорівнював $4,1 \pm 0,2 \times 10^{10}$ та різко зменшився при концентрації сиропу 6% і становив $3,1 \pm 0,4 \times 10^9$ КУО/см³ проти контролю $3,5 \pm 0,1 \times 10^{10}$ КУО/см³.

Отже, за результатами наших досліджень оптимальна концентрація сиропу калини як харчової добавки при виробництві йогурту становила 4 %, що

задовольнила позитивний ріст заквашувальних бактерій при ферментації від 200 хв до 600 хв та відповідно позитивно впливає на всі органоліптичні показники молочнокислого продукту.

Список використаних джерел:

1. Власенко В. В., Головка М. П., Семко Т. В., Головка Т. М. Технологія молока та молочних продуктів: навч. посібник: Харків, ХДУХТ, 2018, 202 с.
2. Соломон А. М., Віштак І. В., Войціцька О. М., Бондар М. М. Харчові добавки та їх функціональна роль. Збірник наукових праць «Аграрна наука та харчові технології». Випуск 4(103). Вінниця, 2018, С. 130–138.
3. Соломон А.М., Новгородська Н.В., Бондар М.М. Перспективні напрямки виробництва кисломолочних ферментованих продуктів з синбіотичними властивостями. Продовольчі ресурси. 2021. Т. 9. № 17. С. 22 – 33.
4. Lesme H., Rannou C., Famelart M. H., Bouhallab S., Prost C. (2020). Yogurts enriched with milk proteins: Texture properties, aroma release and sensory perception. Trends in food science & technology, 98, 140. – 149.

ЗАСТОСУВАННЯ БАКТЕРІАЛЬНИХ ІНОКУЛЯНТІВ НА БАЗІ BACILLUS SPP. У ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ

Марченко Б. О., Крикунова В. Ю. (м. Полтава)

Сучасне вирощування пшениці стикається з комплексом проблем, що включають демографічний тиск, екологічні наслідки інтенсивного землеробства, кліматичні зміни та потребу в ресурсозберігаючих технологіях. Аналіз літературних джерел показує, що традиційні методи аграрного виробництва вже не здатні повною мірою відповідати цим викликам, що обґрунтовує необхідність впровадження інноваційних підходів. Бактеріальні інокулянти, генетично модифіковані сорти та технології точного землеробства є перспективними інструментами для підвищення продуктивності та екологічної стійкості вирощування пшениці. Подальші дослідження в цьому напрямі є актуальними та необхідними для розробки ефективних рішень, що забезпечать продовольчу безпеку в умовах глобальних змін.

Пшениця (*Triticum aestivum* L.) є ключовою зерновою культурою, що забезпечує продовольчу безпеку, але її вирощування стикається з викликами, такими як деградація ґрунтів, кліматичні зміни та потреба в екологічних методах [1]. Бактеріальні інокулянти на базі *Bacillus* spp., зокрема препарат «Вінос

Зернові», є перспективним рішенням для підвищення врожайності та якості пшениці завдяки їхнім азотфіксуючим, фосфатмобілізуєчим і біопротекторним властивостям [2, 3].

Дослідження проводили на базі Полтавського державного аграрного університету (2023–2024 рр.) з використанням насіння пшениці озимої сорту Rodoljanka. Насіння обробляли інокулянт «Вінос Зернові» (*Bacillus subtilis*, *Bacillus azotofixans*, *Bacillus megaterium*, 1×10^9 КУО/мл) шляхом праймінгу (10 мл суспензії на 15г насіння дл 1 із 20 проб концентрацій препарату, час оброблення -15 хв при 22–25°C). Контроль обробляли водою. Схожість оцінювали за стандартами ISTA, ризосферну мікрофлору – на середовищах Ешбі, масу паростка та кореневища – на 15-й день. Дані обробляли за критерієм Стьюдента ($P \leq 0,05$).

Таблиця 1.

КУО у суспензії для зазначених концентрацій розведень

Концентрація	Об'єм біопрепарату (мл)	КУО у суспензії (КУО/мл)
0%	0	0
25%	0,23	$2,3 \times 10^7$
50%	0,46	$4,6 \times 10^7$
100%	0,91	$9,1 \times 10^7$
150%	1,37	$1,37 \times 10^8$

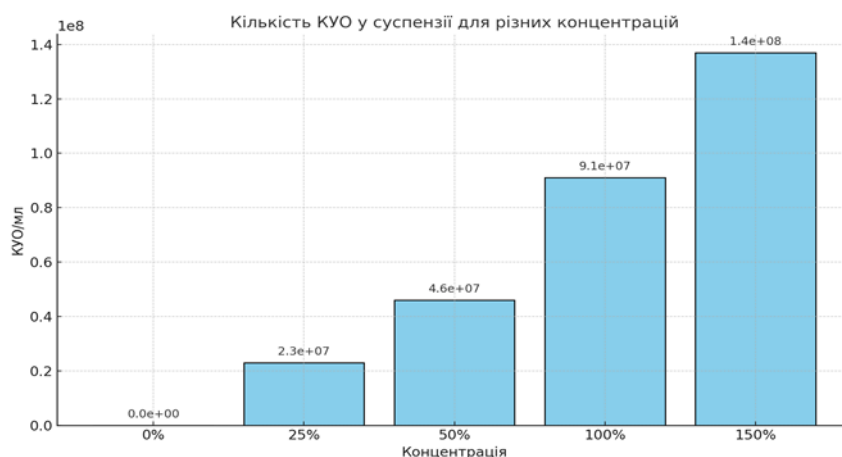


Рис. 1. Кількісний графік колонієутворюючих одиниць (КУО/мл) у суспензії для кожної з зазначених концентрацій (0%, 25%, 50%, 100%, 150%)

Експериментальна програма включала праймінг насіння, мікробіологічний аналіз ризосферної мікрофлори, оцінку схожості за стандартами ISTA, біометричні вимірювання та аналіз якісних характеристик зерна. Результати засвідчили, що інокулянт підвищує схожість насіння на 8–12%, що пов'язано з активацією метаболічних процесів завдяки дії штамів *Azospirillum brasilense* та *Bacillus subtilis*. Збільшення маси паростка на 1,3 раза та маси кореневища на 1,6 раза свідчить про стимуляцію росту кореневої системи та надземної частини, що забезпечує краще засвоєння поживних речовин. Мікробіологічний аналіз виявив зміни в складі ризосферної мікрофлори: зменшення кількості азотфіксуючих бактерій компенсується зростанням олігонитрофільних і амілолітичних мікроорганізмів, що сприяє поживному обміну. [4, 5].

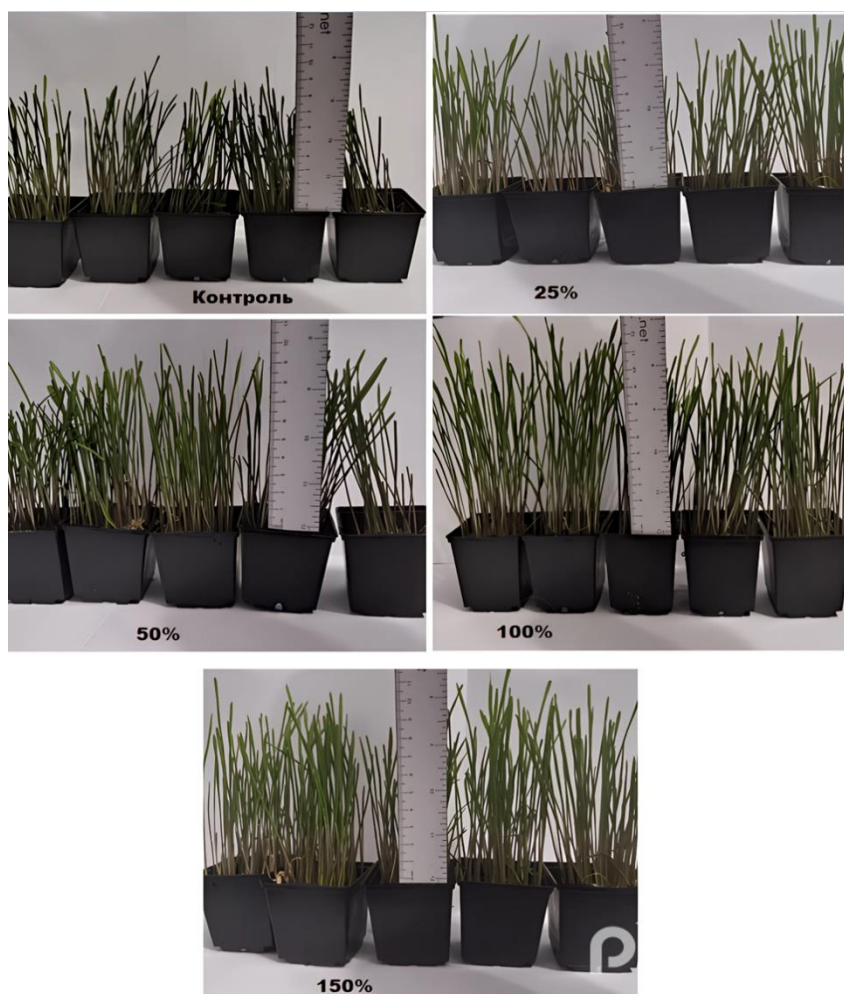


Рис. 2. Демонстрація висоти паростків з різною концентрацією інокулянту в розчині для оброблення насіння

Механізми дії бактеріальних інокулянтів визначають їхню здатність ефективно впливати на рослини. Фіксація азоту здійснюється симбіотичними та вільноживучими бактеріями, які перетворюють атмосферний азот на сполуки, доступні для рослин, що зменшує потребу в застосуванні азотних добрив [2]. Солюбілізація фосфатів відбувається завдяки продукуванню бактеріями органічних кислот, які розчиняють важкорозчинні фосфати, підвищуючи їхню доступність для кореневої системи [3]. Синтез фітогормонів, таких як гормони росту, стимулює поділ клітин, розвиток коренів і пагонів, що відіграє ключову роль на ранніх етапах росту рослин [7]. Індукція системної стійкості забезпечується певними штамми, які активують захисні механізми рослин, підвищуючи їхню резистентність до патогенів і абіотичних стресів [10]. Покращення водного обміну досягається завдяки здатності бактерій оптимізувати водний баланс рослин, сприяючи їхній адаптації до посушливих умов [6]. Ці механізми діють у комплексі, дозволяючи інокулянтам одночасно вирішувати кілька агрономічних завдань.

Важливою є роль солюбілізації фосфору – біохімічного процесу, під час якого мікроорганізми перетворюють нерозчинні фосфати, такі як $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, FePO_4 чи AlPO_4 , на доступні для рослин форми, зокрема ортофосфати (H_2PO_4^- або HPO_4^{2-}). Бактерії, наприклад *Bacillus subtilis*, синтезують органічні кислоти (глюконову, лимонну, молочну), які знижують рН ґрунтового середовища, сприяючи розчиненню мінеральних фосфатів. Крім того, ці мікроорганізми продукують фосфатази – ферменти, що гідролізують органічні фосфоровмісні сполуки, вивільняючи фосфати. Солюбілізація фосфору значно підвищує його біодоступність, що є критично важливим для рослин, адже фосфор є складовою АТФ, нуклеїнових кислот і фосфоліпідів. Дослідження свідчать, що інокуляція фосфор-солюбілізуючими бактеріями може збільшити поглинання фосфору рослинами на 10–30%, що сприяє підвищенню врожайності [8].

Це дозволяє скоротити використання добрив на 20–30% і пестицидів на 15–20%, зменшуючи екологічне навантаження [8]. Спрогнозований економічний ефект становить 2500 грн/га чистого прибутку за рахунок приросту врожаю та економії на агрохімікатах.

Отже, застосування біопрепарату «Вінос Зернові» є ефективним біотехнологічним рішенням, що підвищує врожайність, якість зерна та екологічну стійкість вирощування пшениці. Рекомендується для впровадження в аграрне виробництво України.

Список використаних джерел:

1. Іващенко О.О., Рудник-Іващенко О.І. Напрями адаптації аграрного виробництва до змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 8. С. 10–12.
2. Черенков А.В., Нестерець В.Г., Гирка А.Д. Озима пшениця в Степу. *Господарсько-цінні ознаки і насінництво*. Насінництво. 2007. № 8. С. 16–19.
3. Каленська С.М., Шевчук О.Я., Дмитришак М.Я. *Рослинництво*. Київ: НАУ, 2005. 502 с.
3. Адаменко Т.І. Зміна агрокліматичних умов і їх вплив на зернове господарство України. *Погода і зернове господарство України: матеріали наради-семінару*. Дніпропетровськ, 2004. С. 3–6.
4. Ничипорович А.А. *Теоретические основы повышения продуктивности растений*. Москва: ВИНТИ, 1977. 134 с.
5. Kühn G., Ackermann D., Jonn A. *Zur Wirksamkeit von Fungiziden auf den Estrag bei Winterweizen unter den Bedingungen im Norden der DDR. Feldwirtschaft*. 1989. № 3. Р. 114–115.
6. Гирка А.Д., Кулик І.О., Педаш О.О. та ін. Агроекологічне випробування сортів ярих зернових культур у північному степу України. *Біологічний вісник МДПУ ім. Б. Хмельницького*. 2016. № 6 (3). С. 54–60.
7. Вінюков О.О., Коноваленко Л.І., Бондарева О.Б. Вплив добрив на вміст важких металів у ґрунті та їх накопичення рослинами ячменю ярого. *Бюлетень ІСГ степової зони НААН України*. 2016. № 10. С. 129–133.

СЕКЦІЯ II

ХІМІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

APPROACHES TO THE DIAGNOSIS OF MUCOPOLYSACCHARIDOSIS IN DOMESTIC DOG (CANIS FAMILIARIS)

Gruszczyńska Joanna (Warsaw, Poland)

Mucopolysaccharidoses (MPS) represent a heterogeneous group of lysosomal storage disorders characterized by progressive accumulation of glycosaminoglycans (GAGs) within lysosomes of various tissues due to deficiency or complete inactivity of specific lysosomal enzymes. Excessive accumulation of partially degraded GAGs leads to dysfunction of cells, tissues, and organs. The type of accumulated GAGs (keratan sulfate, heparan sulfate, dermatan sulfate, chondroitin sulfate, hyaluronan) depends on the specific enzyme deficiency.

In dogs, MPS is classified into five main types (I, II, IIIA, IIIB, VI, VII) based on the deficient lysosomal enzyme. Type III is further subdivided into subtypes IIIA and IIIB, which share the same clinical phenotype and accumulate heparan sulfate but differ genetically due to defects in distinct lysosomal hydrolases. Each MPS type has a characteristic phenotype and a distinctive urinary GAG excretion profile.

Most mucopolysaccharidoses are inherited in an autosomal recessive manner. The disease manifests when two mutant alleles are present, whereas carriers with one normal and one mutated allele are phenotypically healthy. An exception is Hunter syndrome (MPS II), which is inherited in an X-linked recessive manner; males with a single X chromosome develop the disease if carrying the mutation, while females are typically asymptomatic carriers due to the presence of a normal allele on the other X chromosome.

The epidemiology of mucopolysaccharidoses in the human population remains poorly characterized due to limited population studies. Diagnosis is challenging and

relies on assessment of lysosomal enzyme activity and qualitative and quantitative analysis of urinary GAGs.

The aim of this study is to evaluate the effectiveness of clinical-laboratory and molecular-genetic diagnostic methods for mucopolysaccharidoses to improve early disease identification.

Clinical diagnostic approaches include physical examination, laboratory tests, skeletal radiography, and molecular genetic analyses. Toluidine blue staining of urine is used as a screening test to detect GAGs. Elevated GAG levels warrant urinary mucopolysaccharide electrophoresis for qualitative identification, which guides subsequent enzymatic activity assays in peripheral blood leukocytes or cultured skin fibroblasts.

Genetic diagnosis is performed using polymerase chain reaction amplification combined with restriction enzyme analysis and electrophoretic separation to detect specific mutations. Clinical signs such as joint contractures and pain without inflammatory markers, resistant to anti-inflammatory treatment, should raise suspicion of MPS. Prenatal diagnostic methods are also available.

Treatment of mucopolysaccharidoses remains clinically challenging. Current therapeutic approaches include bone marrow transplantation, enzyme replacement therapy, and gene therapy, all under clinical investigation. These treatments aim to correct the enzyme deficiency but primarily provide symptomatic relief. Recent studies emphasize the need for a comprehensive approach involving substrate reduction therapy and combination therapies to achieve optimal control over clinical manifestations.

Effective diagnosis of mucopolysaccharidoses requires an integrated approach combining clinical, laboratory, and molecular-genetic methods. Early detection enables timely therapeutic intervention, improving prognosis and quality of life. Further research, particularly using animal models, is essential for developing more effective and comprehensive treatment strategies.

DETERMINATION OF EQUILIBRIUM MOISTURE CONTENT OF QUERCETIN SOLID DISPERSIONS

Verkhovod V.M., Kovalevska I.V., Vaschenko O.V. (Kharkiv, Ukraine)

One of the current challenges in pharmaceutical technology is the development of solid dosage forms containing poorly soluble active pharmaceutical ingredients (API). Determining equilibrium moisture content in such systems serves as an important indirect indicator of dissolution characteristics. Equilibrium moisture reflects the system's ability to absorb or desorb moisture from the surrounding environment until a stable state is reached, which, in turn, affects the physicochemical properties of the dosage form.

In tablet development, determining the equilibrium moisture content enables optimization of excipient selection, particularly those affecting the hygroscopicity of the blend, the wetting process of the API, and the initial disintegration mechanisms of the tablet in the gastrointestinal tract. Moreover, understanding equilibrium moisture allows for predicting the stability of API that are sensitive to hydrolysis or solid-state phase transformations. Thus, adjusting the moisture level in the tablet mass can improve the bioavailability of poorly soluble API without resorting to complex technological approaches such as solid dispersions or micronization.

The technology of solid dispersions significantly influences the equilibrium concentration of poorly soluble API by increasing the degree of amorphization, improving wettability, inhibiting recrystallization, and altering the solubility profile. Therefore, the aim of our study was to investigate the effect of a solid dispersion carrier with quercetin on its equilibrium solubility.

To determine the equilibrium moisture content of the studied samples depending on the relative humidity (RH) of the air, dynamic measurements were performed with the construction of moisture sorption isotherms. The hygroscopicity coefficient (K) was calculated using the following formula: $K=100(100-W)$, where K is the

hygroscopicity coefficient, and W is the hygroscopic moisture content of the sample, expressed as a percentage. Solid dispersion (SD) samples were prepared using the solvent evaporation method. The carriers used were: №1 – quercetin, №2 – PVP, №3 – PEO-4000, №4 – HPMC, №5 – mannitol.

Experimental data in the form of the specific mass gain of the samples as a function of relative humidity (RH) are presented in figure 1. As can be seen, the nature of the carrier has a significant impact on the equilibrium moisture content, especially at RH values above 80%. The lowest values were obtained for sample №1, the highest for samples №2 and №3, and moderate values for sample №4. Specifically, for sample №3, the equilibrium moisture content approached the dry substance content when close to the saturated vapor pressure.

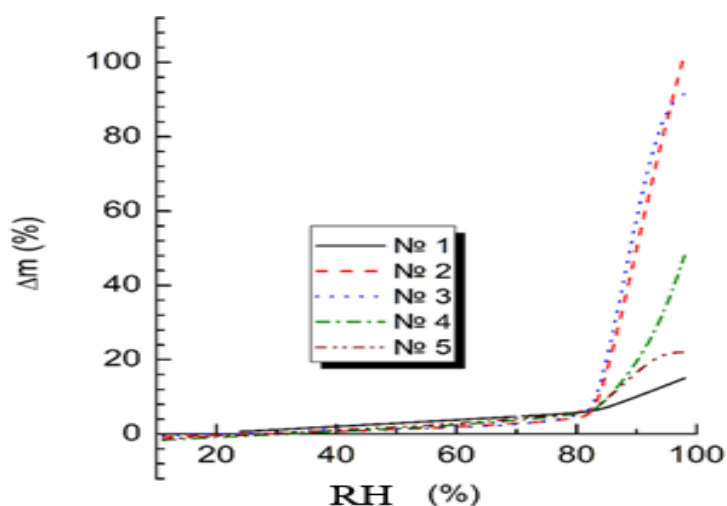


Fig 1. Specific mass gain of samples №1-5 as a function of relative humidity

The calculated hygroscopicity coefficient for quercetin is 1.125, which corresponds to the II class of hygroscopicity («Slightly hygroscopic»). The hygroscopicity coefficients for samples №2 to №4 exceed 3.05, indicating an increase in their hygroscopicity, and consequently, their solubility. Additionally, figure 1 shows a sharp bend in the sorption curves of the solid dispersion samples, indicating a change in the absorption surface due to the alteration of the dispersion of the SD particles.

Thus, the high hygroscopicity observed in the samples is primarily due to the incompletely saturated intermolecular interaction of hydroxyl groups, which can largely characterize the internal state of the solid dispersions and their degree of compactness. The amount of adsorbed moisture under these conditions depends on the carrier structure and the absorption process accompanying the sorption. It is also known that the degree of hygroscopicity increases with a decrease in particle size, so it can be assumed that the particle size in the solid dispersion samples is significantly smaller than in the initial substance.

References:

1. *Modern Approaches to Enhancing the Bioavailability of Active Pharmaceutical Ingredients: Methodological Guidelines* / I.V. Kovalevska, O.A. Ruban – Kharkiv, NUPh, 2018. – 36 p. 2. *Solid Dispersions in Pharmaceutical Technology: Methodological Guidelines* / I.V. Kovalevska, O.A. Ruban – Kharkiv, NUPh, 2018. – 34 p. 3. Notarbartolo V, Badiane BA, Angileri VM, Piro E, Giuffrè M. Antioxidant Therapy in Neonatal Hypoxic Ischemic Encephalopathy: Adjuvant or Future Alternative to Therapeutic Hypothermia? *Metabolites*. 2024 Nov 16;14(11):630. doi: 10.3390/metabo14110630.

ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ НАНОКОМПОЗИТИ В ТЕХНОЛОГІЯХ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Каракуркчі Г.В. (м. Київ), Сахненко М.Д., Єрмоленко І.Ю. (м. Харків)

Потреба багатьох галузей промисловості, зокрема оборонного та подвійного спрямування, полягає у розробці та використанні матеріалів, які володіють комплексом покращених функціональних властивостей (підвищена твердість, корозійна стійкість, каталітична активність тощо) та забезпечують працездатність обладнання в екстремальних умовах робочого середовища. У цьому контексті поліфункціональні електрохімічні наноконпозиції розглядаються як перспективний клас матеріалів, використання яких може забезпечити комплексне вирішення багатьох технологічних завдань, зокрема у сфері military-tech. Окреслена сфера є активним полем досліджень для закордонних та вітчизняних вчених у сферах нанотехнологій, електрохімії та хімічного матеріалознавства. Проте численні розробки за цим напрямом є

переважно дослідно-прикладними та вирішують окремі технологічні задачі. Тому, дослідження способів електрохімічного синтезу, властивостей та сфер застосування поліфункціональних електрохімічних нанокомпозитів для технологій подвійного призначення є актуальним науково-практичним завданням, що зумовило мету даної роботи.

Синергія досягнень нанотехнологій, електрохімії та хімічного матеріалознавства дозволяє синтезувати функціональні матеріали заданого хімічного складу із високою питомою поверхнею. При цьому вибір методу електрохімічного синтезу є не просто технологічним аспектом, а фундаментальним визначальним фактором архітектури синтезованого нанокомпозиту і, як наслідок, діапазону його функціональних властивостей. Тому важливим є встановлення зв'язків в ланцюгу “умови синтезу – тип оброблюваного матеріалу – склад сформованого нанокомпозиту – властивості цільового продукту”. Комплексний підхід у вивченні зазначених зв'язків дозволить встановити шляхи керування процесом формування електрохімічних нанокомпозитів та комплексом їх властивостей.

Дослідження проводили з використанням широкого кола конструкційних матеріалів: низьколеговані сталі (Ст 3, 08КП), сірий чавун (СЧ 18), сплави Al (АД0, АЛ25) та Ti (BT1-0, OT4-1). Нанокомпозити формували катодним осадженням або плазмо-електролітним оксидуванням (ПЕО) у комплексних цитратних та дифосфатних електролітах з додаванням солей металів-допантів. Стандартна лабораторна установка складалась із джерела постійного струму, електролітичної комірки з примусовим перемішуванням, робочих електродів, датчику температури. Синтез покриттів в нестаціонарному (імпульсному) режимі забезпечувався додатковим введенням в систему потенціостату ПІ-50-1.1 з програматором ПР-8. Робоча температура електрохімічного синтезу – 25-30°C.

Синтезовані нанокомпозити досліджували низкою сучасних методів: морфологію, хімічний склад та топографію поверхні – сканівною електронною

та атомно-силовою мікроскопією (ZEISS EVO 40XVP, Oxford INCA Energy 350, NT-206), фазовий склад – рентгенівською дифрактометриєю (ДРОН-2), мікротвердість та адгезій на міцність – за ISO 2819:2017 (ПМТ-3), корозійна стійкість – методами аналізу поляризаційних залежностей та спектроскопії електродного імпедансу (Autolab-30 PGSTAT301N Metrohm Autolab з модулем FRA-2), каталітичні властивості – модельними реакціями конверсії CO в CO₂ та стендовими випробуваннями у процесі згоряння та каталітичного перетворення токсичних речовин в циліндрі ДВЗ.

Вибір методу синтезу нанокompозитів (катодне осадження чи ПЕО) фундаментально пов'язаний з матеріалом підкладки (оброблюваного матеріалу) та його функціональними властивостями. Катодним осадженням формуються тонкошарові тернарні покриття Fe та Co з Mo і W, що мають металеву матрицю та містять зміцнювальну фазу оксидів тугоплавких металів (WO_x, MoO_x). Використання імпульсного струму забезпечує формування більш рівномірних покриттів та гнучке керування фазовим складом нанокompозиту порівняно з постійним струмом [1]. Одержані нанокompозити Fe-Co-W(Mo)O_x мають високу адгезію до матеріалу основи, зберігають її за механічних навантажень. За показниками мікротвердості вони у 2,5 – 3,5 рази перевершують матеріал підкладки (Ст 3, СЧ18). Підвищення корозійного опору даних матеріалів та прояв каталітичної активності в електрохімічній реакції виділення водню обумовлені наявністю на їх поверхні кислотних оксидів з високою хімічною стійкістю. Завдяки інкорпорації кобальту до складу нанокompозитів Fe-Co-W(Mo)O_x вони демонструють магнітні властивості. Плазмо-електролітним оксидуванням за рахунок перебігу сукупності хімічних, електрохімічних та термохімічних реакцій на межі “метал-електроліт”, формується матриця оксиду основного металу (TiO_x, Al₂O₃), в яку інкорпорується оксиди допувальних компонентів (переважно перехідних та тугоплавких компонентів). Особливістю електрохімічного синтезу нанокompозитів даним способом є використання

електролітів як на основі диспергованих оксидів металів-допантів, так і оксоаніонів металів для інкорпорації (допування) оксидної (керамікоподібної) матриці активними компонентами [2, 3]. Формування нанокompозитів, збагачених допувальним компонентом, більш рівномірно розподіленим по поверхні, досягається збільшенням вмісту солі металу-допанта в робочому електроліті та підвищенням густини струму електрохімічного синтезу.

Особливо важливим в одержаних матеріалах є “нано” розмір синтезованих поверхневих структур, оскільки за рахунок цього відкривають нові синергетичні функціональні властивості за рахунок значно більшої площі міжфазної поверхні між матрицею та зміцнювальною фазою на одиницю об’єму. Означене дозволяє рекомендувати дані матеріали до широкого практичного застосування у машинобудуванні, газовій, нафтовій та хімічній промисловості. Вельми важливим застосування полі функціональних нанокompозитів для вирішення низки практичних завдань у сфері оборонних та військових технологій, зокрема підвищення зносо- та корозійної стійкості ($\text{Fe-Co-WO}_x/\text{MoO}_x$; $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Mn}_x (\text{Co})\text{O}_y$) [1, 4], тепловий бар’єр для двигунів ОБТ та внутрішньоциліндровий каталіз ДВЗ ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Mn}_x (\text{Co})\text{O}_y$) [5], фільтрація та детоксикація повітря (ХБРЯ захист) у засобах індивідуального та колективного захисту, а також спорудах цивільного захисту (ФВУ, ФВА) (доповані нанокompозити на основі TiO_2) [3, 5], генерація водню для портативних джерел енергії ($\text{Fe-Co-WO}_x/\text{MoO}_x$) [1] тощо.

Таким чином, розроблено способи електрохімічного синтезу поліфункціональних нанокompозитів із можливістю гнучкого керування цільовими властивостями та можливостями широкого практичного застосування у технологіях подвійного призначення. Подальші дослідження спрямовуються на уніфікацію та адаптивність розроблених технологій, створення дослідно-промислових виробничих потужностей та переходу від лабораторних досліджень до впровадження й практичного застосування.

Список використаних джерел:

1. Гальванічні покриття тернарними сплавами заліза: формування, властивості : моногр. / І. Ю. Єрмоленко [та ін.] ; НТУ "ХПІ". Х/, 2019. 247 с. 2. Сахненко М., Ведь М., Каракуркчі Г., Галак О. Особливості одержання металоксидних каталітичних систем плазмово-електролітичним окисдуванням алюмінію та титану в пірофосфатних електролітах. Вісник НТУ «ХПІ». 2016. № 22(1194). С. 171–176. 3. Каракуркчі Г. В., Ведь М. В., Сахненко М. Д., Майба М. В. Гетерооксидні композиційні покриття на сплавах алюмінію для екотехнологій : моногр.. Х., 2020. 200 с. 4. Сахненко М., Ведь М., Каракуркчі Г., Єрмоленко І., Ресурсоаощаджувальна технологія відновлення зношених деталей. Інтегровані технології та енергозбереження 2013. № 2. С. 9-13. 5. Парсаданов І., Сахненко М., Хижняк В., Каракуркчі Г. Підвищення екологічності дизелів шляхом внутрішньоциліндрової нейтралізації токсичних речовин відпрацьованих газів. Двигатели внутреннего сгорания. 2016. № 2. С. 63–67.

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ БЕТОНІВ НА
ШЛАКОЛУЖНОМУ В'ЯЖУЧОМУ**

Корогодська А.М., Шабанова Г.М., Кривобок Р.В., Сахненко М.Д.

(м.Харків)

Цементні розчин та бетони можуть мати різноманітні властивості та застосування залежно від типу використовуваного цементу та інших компонентів, дрібного та крупного заповнювача. Майбутнє досліджень та інженерії бетону спрямоване на використання відходів, у тому числі крупнотонажних та важких для утилізації. Використання відходів у бетоні, зокрема доменних гранульованих шлаків, може бути досягнуто шляхом використання їх для заміни одного з в'язучих компонентів, або як заповнювача, що дозволяє досягти або навіть покращити експлуатаційні властивості.

Доменні гранульовані шлаки основного характеру представлені комплексними іонними угрупованнями силікатного та алюмосилікатного складу, які у поєднанні з іонами одно-, двох- або тривалентних металів складають перемінні ділянки кристалів та аморфних утворень. Мікроагрегатний склад більш або менш впорядкованих фаз у використаних шлаках близький у структурному відношенні до алюмомагнійсилікатного, а аморфна частина характеризується пухким субмікрокристалічним складом, що зумовлює високу

проникність шлаків для різних іонів та комплексних груп. Введення лугів у воду замішування вносить деякі корективи лише в кількісні співвідношення взаємодіючих речовин: гідроліз гідроксиду кальцію і відповідно, протікання реакцій, що призводять до його утворення, гальмуються присутністю гідроксильного іона, що вводиться ззовні або утворюється в обмінних реакціях. Доля участі оксиду силіцію в процесах гідратаційного тверднення при $\text{pH} > 9$ різко зростає, у розчин може бути переведено до більшої частка кремнезему, який міститься в силікатних та алюмосилікатних породах. При цьому взаємодіє не тільки аморфний, але й кристалічний кремнезем. Наявність розчинного кремнезему може створити передумови для накопичення іонів кальцію у розчині в кількості, що значно перевищує граничну його розчинність у воді. Це пояснюється іонообмінними властивостями силікагеля і зумовлює високу стійкість перенасичених розчинів гідросилікату кальцію в присутності натрієвих силікатів.

Мелений доменний гранульований шлак може бути ефективно використаний у бетоні для зменшення розміру пор. При збільшенні відсотку заміщення основних компонентів в'язучого матеріалу на доменні гранульовані шлаки бетон має щільнішу структуру, що значно зменшує його водопроникність. У лужному середовищі співвідношення оксидів кальцію та силіцію у масі новоутворень зміщується у бік низькоосновних гідросилікатів, а загальне співвідношення кристалічної та гелевидної складових структури наближається до оптимального, що відповідає досягненню найбільших міцнісних показників. Підвищення міцності в цілому відбувається за рахунок реакції фазових складових шлаку з гідроксидом кальцію та утворення продуктів гідратації внаслідок пуцоланової реакції та додаткового синтезу гелю складу C-S-H . Щільніша мікроструктура або нижча пористість є результатом вищого вмісту C-S-H , що свідчить про вищу довговічність бетону. Електронікроскопічні дослідження показали, що додавання доменного гранульованого шлаку

модифікує продукти гідратації та структуру пор у затверділому цементному матеріалі. У зразках бетону на шлаколужному в'язучому матеріалі спостерігається зменшення кількості голкоподібних AF_m - та еtringітових фаз, а капілярні пори заповнені продуктами пуцоланової реакції, зокрема гелем C–S–H низької щільності.

Дослідження проводилися за рахунок грантової підтримки Національного фонду досліджень України в рамках проєкту 2021.01/0316 «Розроблення складів композиційних матеріалів для дорожнього будівництва на основі багатотоннажних відходів».

ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ ВИРОБНИЦТВА ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО КОРОВ'ЯЧОГО МОЛОКА

Портянник С.В. (м. Полтава), Маменко О.М. (м. Харків)

Рибалко В.П., Онищенко А.О. (м. Полтава)

Бойові дії росії проти України значно ускладнюють екологічну безпеку у сільському господарстві і уцілому по країні. Від обстрілів зазнає руйнувань критична інфраструктура, забруднення важкими металами завдають мінування території, проліт ракет і безпілотних апаратів тощо, що перетворюється в глобальну проблему. Навіть екологічно сприятливі території України Лісостепової ґрунтово-кліматичної зони зазнають локального техногенного впливу. Виробництво продукції рослинництва та тваринництва в агроєкосистемах потребує не лише систематичного моніторингу якості і екологічної безпеки, але й розробки ефективних технологічних прийомів з виробництва екологічно безпечного коров'ячого молока [1-5].

В господарствах Лісостепової ґрунтово-кліматичної зони України було проведено дослід на дійних коровах української чорно- та червоно-рябої молочних порід з різними типами годівлі силосно-коренеплодний, силосно-

сінний, силосно-сінажний, силосно-сінажно-концентратний. Основний раціон корів було добалансовано спеціально розробленим мінерально-вітамінним преміксом з урахуванням антагоністичної дії його компонентів щодо екотоксикантів плюмбуму та кадмію. Тварини контрольної групи перебували на основному раціоні, другої і третьої додатково поїдали премікс. Середня жива маса корів становила 500–545 кг. Середньодобова молочна продуктивність – 14,0–14,8 кг. Облік молочної продуктивності тварин проводився за щоденними контрольними надоями. Лабораторний хімічний аналіз середніх зразків кормів на концентрацію макро-, мікроелементів в тому числі плюмбуму та кадмію здійснювався атомно-абсорбційним методом. Для статистичної обробки отриманих результатів використовувалася програма STATISTICA версії 10.0. [6]. Мета досліджень аналіз ефективності застосованих технологічних прийомів у годівлі продуктивних корів з виробництва екологічно безпечного молока та підвищення продуктивності тварин.

Хімічний аналіз кормів показав підвищений вміст важких металів плюмбуму, кадмію, міді, цинку. Аналіз раціонів показав дефіцит серед макро- і мікроелементів по кобальту (64,5%), йоду (59,8%), фосфору (43,1%), сірці (33,5%), кальцію (7,6%), магнію (7,2%) у корів з силосно-коренеплодним типом годівлі; силосно-сінним – кобальту (54,1%), фосфору (47,4%), йоду (40,1%), сірці (28,0%), марганцю (2,3%); силосно-сінажним – по кобальту (80,7%), йоду (65,2%), фосфору (56,7%), сірці (5,5%); силосно-сінажно-концентратним – по кобальту (79,83%), йоду (20,15%), фосфору (50,91%), сірці (25,15%), марганцю (20,15%), магнію (2,7%). Найбільш дефіцитними в усіх раціонах виявилися кобальт (54,1-80,7% середній відсоток нестачі), фосфор (43,1-56,7%), йод (20,15-65,2%), сірка (5,5-33,5%), марганець (2,3-20,15%), магній (2,7-7,2%) та кальцій (7,6%). Дефіцит цих есенціальних елементів посилює токсичний вплив плюмбуму та кадмію. Згодовування мінерально-вітамінного преміксу сприяло меншій інкорпорації важких металів в організмі тварин дослідних груп, що

позитивно вплинуло на їх фізіологічний та продуктивність, котра збільшилася в середньому у 1,3-1,7 раза в порівнянні з тваринами контрольних груп ($P < 0,001$). Силосно-сінний тип годівлі виявився найбільш ефективним щодо згодовування преміксу у другій дослідній групі. Молочна продуктивність корів збільшилася у 1,6 раза в порівнянні з контрольною групою ($P < 0,001$). У корів з силосно-коренеплодним типом годівлі продуктивність збільшилася у 1,3 раза, з силосно-сінажно-концентратним 1,3 раза, з силосно-сінажним 1,4 раза, з силосно-сінним 1,6 раза відповідно. Збалансування основного раціону з антиоксидантним преміксом сприяло незначному збільшенню виробництва молока з 3477–4426 кг за лактацію в перших контрольних групах до 5444–5999 кг за лактацію у других групах дослідних. Результати наших досліджень узгоджуються з дослідженнями закордонних вчених [7], які підкреслюють, що споживання корму відіграє визначальну роль щодо впливу на молочну продуктивність корів, якість та екологічну безпеку виробленого молока. Науковці [7] як і ми досліджували вміст мікроелементів в тому числі важких металів у коров'ячому молоці під впливом різних кормів. Концентрацію свинцю, кадмію, миш'яку, міді, магнію, кальцію, заліза та цинку в різних кормах і молоці дослідники визначали за методикою аналогічною до нашої, методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії. Визначення вмісту свинцю, кадмію та миш'яку проводили за допомогою ААС у графітовій печі, міді, магнію, кальцію, заліза і цинку за допомогою полум'яної атомно-абсорбційної спектрометрії. Результати показали, що плюмбум, кадмій, миш'як та мідь присутні в кормах, але плюмбум, кадмій і миш'як були слабо виявлені в зразках молока, а міді взагалі не було виявлено [7]. Вчені [8] наголошують, що забруднення довкілля важкими металами загрожуює здоров'ю та життю тварин і людей внаслідок їх міграції через харчовий ланцюг ми погоджуємося з цим. Китайські вчені відбирали зразки кормів аналізували їх на вміст кадмію, ртуті, хрому, миш'яку використовуючи для аналізу метод атомно-абсорбційної спектрофотометрії або атомної флуоресцентної спектрометрії.

Дослідники констатували високі рівні забруднення поллютантами кормів у провінції Хубей. Науковці підкреслюють важливість моніторингу вмісту важких металів та вказують на впровадження стратегії управління кормами, проведення біоремедіації для зменшення впливу поллютантів [8-9].

Підшкірна ін'єкція рослинного біопрепарату посилила антитоксичну дію преміксу, що позитивно вплинуло і на продуктивність корів третіх дослідних груп, де продуктивність збільшилася в середньому у 1,3-1,7 раза. Серед корів третіх дослідних груп силосно-сінний тип годівлі зарекомендував себе найкраще, молочна продуктивність збільшилася у 1,7 раза в порівнянні з контрольною групою ($P < 0,001$).

Виробництво екологічно безпечного молока в зонах локального забруднення важкими металами техногенного, мілітарного походження потребує застосування нових перевірених технологічних прийомів із застосуванням спеціальних мінерально-вітамінних преміксів, що дозволяє максимально збалансувати годівлю, відновити гомеостаз організму в який інкорпоровані важкі метали. Зменшення токсичної дії поллютантів забезпечило виробництво якісного, екологічно безпечного коров'ячого молока, сприяло підвищенню продуктивності корів з 3477-4426 до 5697-6899 кг за лактацію, що є одним з індикаторів ефективності розроблених зоотехнічних способів.

Список використаних джерел:

1. Kovaleva S.P. (2025). The content of Pb and Cd in feed and their transfer to milk at different productivity of cows. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series "Animal Husbandry"*, issue 1 (60), pp. 26-32.
2. Портянник С.В. (2024). Використання регресійного аналізу в моделюванні екологічної ситуації за допомогою прогнозування переходу токсичних важких металів з кормів раціону дійних корів в органічні відходи й акумуляції поллютантів у ґрунті сільськогосподарських скотарських підприємств // *Український журнал природничих наук, Житомирський державний університет імені Івана Франка. Житомир, № 7. С. 210-228.*
3. Nayd'onova O.O. (2023). *Ekolohichni problemy Ukrainy: naslidky viyny [Elektronnyy resurs] : vebliohrafichnyy pokazhchyk [Ecological problems of Ukraine: consequences of the war [Electronic resource]: webliographic index]. Kropyvnyts'kyi : TSNTU, 19.*
4. Kushnir, S. O. and Onipko, A. D. (2018). *Ekolohichna sytuatsiya v Ukraini: analiz problem ta finansuvannya napryamkiv yikh podolannya [Environmental situation in Ukraine: analysis of problems and financing directions for overcoming them]. Ekonomichnyy prostir, no. 136, pp. 191–201.*
5. Mingtao Xiang, Yan Li, Jiayu Yang, Kaige Lei, Yi Li, Feng Li, Daofu Zheng, Xiaoqian Fang, Yu Cao. (2021). Heavy metal contamination risk assessment and correlation analysis of heavy metal contents in soil and crops,

Environmental Pollution, Volume 278, 116911, ISSN 0269-7491, 6. Portiannyk, S. and Mamenko, O. (2021). Removal of toxic metals from the body of cows by using antidote substances, with its impact on milk productivity and environmental safety of agroecosystems around the industrial city in Ukraine. Grassroots Journal of Natural Resources, 4(4): 154-177. 7. Song Ren-ju, Tong Hui-li, Huang Jian-guo, Gao Xue-jun. (2015). Contents of Trace Metal Elements in Cow Milk Impacted by Different Feedstuffs, Journal of Northeast Agricultural University (English Edition), Volume 22, Issue 3, 2015, Pages 54-61. 8. Can Tao, Xiaotian Wei, Beiyu Zhang, Man Zhao, Shuai Wang, Zhangjian Sun, Desheng Qi, Lvhui Sun, Shahid Ali Rajput, Niya Zhang. (2020). Heavy Metal Content in Feedstuffs and Feeds in Hubei Province, China, Journal of Food Protection, Volume 83, Issue 5, Pages 762-766, ISSN 0362-028X, 9. Savchuk I., Skydan O., Stepanenko V. et al. (2021). Safety of livestock products of bulls on various diets during fattening in the conditions of radioactive contamination. Regulatory Mechanisms in Biosystems. № 12 (1). P. 86 – 91.

БІОСОРБЕНТ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ СИСТЕМ ВІД СПОЛУК АМОНІЮ

Большаніна С. Б., Івченко В. Д., Пятишкіна П. Д., Разінькова Е. Е.

(м. Суми)

Покращення методів очищення води залишається актуальним питанням на сьогоднішній день. Основними її забруднювачами є важкі метали, органічні сполуки та надлишковий азот (амонійна та нітратна форми). У даній роботі акцентовано увагу на забрудненні іонами амонію.

Підвищений рівень азоту в поверхневих і підземних водах здебільшого спричинений сільськогосподарськими викидами та відходами тваринного походження. Забруднення водою азотом призводить до цвітіння водоростей, загибелі риби, а також до появи неприємного запаху і зміни кольору води. Це створює ризики для здоров'я людини як при вживанні питної води з різних джерел, так і при контакті з забрудненою водою під час відпочинку [1].

Найбільш поширені технології для зниження вмісту іонів амонію (NH_4^+), нітритів (NO_2^-) та нітратів (NO_3^-) у воді – це зворотний осмос, біологічні процеси та хлорування до точки перегину. Їхня ефективність складає 60-90%, 80-90% та 80-95% відповідно [2].

Біосорбція – це фізико-хімічний процес, при якому певна біомаса природно концентрує та утримує на своїй клітинній структурі забруднювачі.

Метод є простим та чутливим для видалення токсичних речовин із забрудненої води. Біосорбція демонструє значний потенціал завдяки своїй ефективності, екологічній безпечності та економічній доцільності [3]. Здатність біосорбентів до біосорбції залежить не лише від природи функціональних груп, які визначають поверхневий заряд, але й від питомої площі поверхні, дозування та хімічної стабільності біосорбенту, умов навколишнього середовища, зокрема водневого показника рН, температури, концентрації забруднювачів та наявності конкурентних іонів.

Видалення надлишку азоту з води традиційно здійснюється за допомогою двох послідовних процесів: нітрифікації та денітрифікації. Для цього потрібні спеціальні функціональні бактерії, наприклад, *Nitrosococcus* sp., *Nitrosomonas* sp., *Nitrospira* sp., *Alcaligenes* sp. і *Paracoccus* sp., що добре відомі як нітрифікуючі та денітрифікуючі штами. Нітрифікація – це окислення аміаку та нітриту до нітрату, що відіграє важливу роль у багатьох природних і штучних середовищах. Нітрифікуючі бактерії є аеробними мікроорганізмами. Денітрифікація – це відновлення нітратів до газоподібного азоту або оксидів нітрогену в анаеробних умовах [4; 5].

Клітинні стінки бактерій завдяки наявності функціональних груп та екзополісахаридів, здатні активно зв'язувати катіони з розчину. Процес біосорбції забруднювачів бактеріями може проходити пасивно – сорбція на клітинній поверхні, преципітація – та активною – внутрішньоклітинне накопичення з участю метаболізму. Ефективність біосорбції для очищення води може бути підвищена шляхом інтеграції з іншими методами [6].

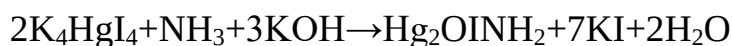
Для очищення води від іонів амонію в нашому дослідженні було розроблено біоадсорбент на основі каоліну та нітрифікуючих бактерій в складі препарату «Evogen Clarity Pond».

Біопрепарат «Evogen Clarity Pond» є цільовим продуктом, призначеним для зменшення вмісту забруднюючих речовин у водних об'єктах, зокрема там, де

присутня риба або рослинні залишки, що піддаються гниттю. Даний біопрепарат має вигляд сипучого порошку брунатного кольору на дендритному сольовому носії, має землистий запах. Ефективний діапазон рН від 4,0 до 11,0. Діапазон допустимих температур: 5 – 50°C. Бактерії в складі біопрепарату енергійно поглинають фосфор, калій, вуглець та азот. Штами бацил здатні рости як в умовах низького рН, так і в анаеробних умовах, завдяки унікальній технології донора кисню для стимуляції біологічної деградації, усі види бацил перебувають у споровій формі [7].

Носієм для біомаси обрали глинистий мінерал каолін. Його пориста структура створює високу питому поверхню для адсорбції забруднень. Щоб закріпити бактерії на каоліні та з метою формування гранул було використано додатковий біополімерний зв'язувальний агент – альгінат натрію. Оптимальне співвідношення компонентів композиту: 60 – 70% каоліну, 20 – 30% мікроорганізмів з препарату «Evogen Clarity Pond», 5 – 10% біополімерного зв'язувального агента. Даний біoadсорбент поєднує в собі фізичну адсорбцію каоліну з біосорбцією, біоаккумуляцією та біодеградацією бактерій, що має значно підвищити ефективність очищення води.

Для визначення ефективності біосорбції композитом було вирішено порівняти зменшення вмісту NH_4^+ в розчині з композитом та з немодифікованим біопрепаратом «Evogen Clarity Pond». Концентрацію амонію у досліджуваних розчинах визначали фотоколориметричним методом, що заснований на реакції з реактивом Неслера, внаслідок якої утворюється сполука з яскравим жовтим забарвленням, за рівнянням:



Визначення оптичної густини виконували зі світлофільтром на $\lambda=440$ нм. Оскільки розчин з біопрепаратом був мутним, воду з проб перед приготуванням сумішей для вимірювання спершу фільтрували. Обчислену за допомогою

калібрувального графіка концентрацію іонів амонію переводили в масову концентрацію за формулою:

$$C = \frac{C_{\text{гр.}} \cdot k \cdot V_{\text{м.к.}}}{V_{\text{алікв.}}},$$

де $C_{\text{гр.}}$ – масова концентрація NH_4^+ у розчині, знайдена за допомогою параметрів калібрувального графіка, мг/л;

k – ступінь попереднього розбавлення вихідної проби ($k=10$);

$V_{\text{м.к.}}$ – об'єм мірної колби (50 мл);

$V_{\text{алікв.}}$ – об'єм аліквоти проби (10 мл).

Визначення вмісту амонію проводилося через певні проміжки часу протягом 21 доби експерименту. Результати вимірювань оптичної густини та значення розрахованих масових концентрацій наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати фотометричних вимірювань та обчислень

Доба	Сорбент	$V_{\text{алікв.}}$, мл	$D'_{\text{сер}}$	C_0 мг/л	$C_{\text{граф}}$	C' мг/л	dC
1	Clarity Pond	10	0,688	60,8524	1,0158	50,7893	10,0631
	Композит	10	0,649	49,3422	0,9388	46,9416	2,4007
2	Clarity Pond	10	0,633	60,8524	0,9073	45,3631	15,4893
	Композит	10	0,594	49,3422	0,8303	41,5154	7,8269
5	Clarity Pond	10	0,592	60,8524	0,8264	41,3181	19,534
	Композит	10	0,583	49,3422	0,8086	40,4301	8,9121
7	Clarity Pond	10	0,701	60,8524	1,0414	52,0718	8,7806
	Композит	10	0,662	49,3422	0,9645	48,2242	1,1181
14	Clarity Pond	10	0,51	60,8524	0,6646	33,2281	27,6243
	Композит	10	0,501	49,3422	0,6468	32,3402	17,0021
21	Clarity Pond	10	0,646	60,8524	0,9329	46,6456	14,2068
	Композит	10	0,695	49,3422	1,0296	51,4799	-2,1376

Зміну вмісту амонію в розчині з композитом та розчині з «Evogen Clarity Pond» показано на рисунку 1.

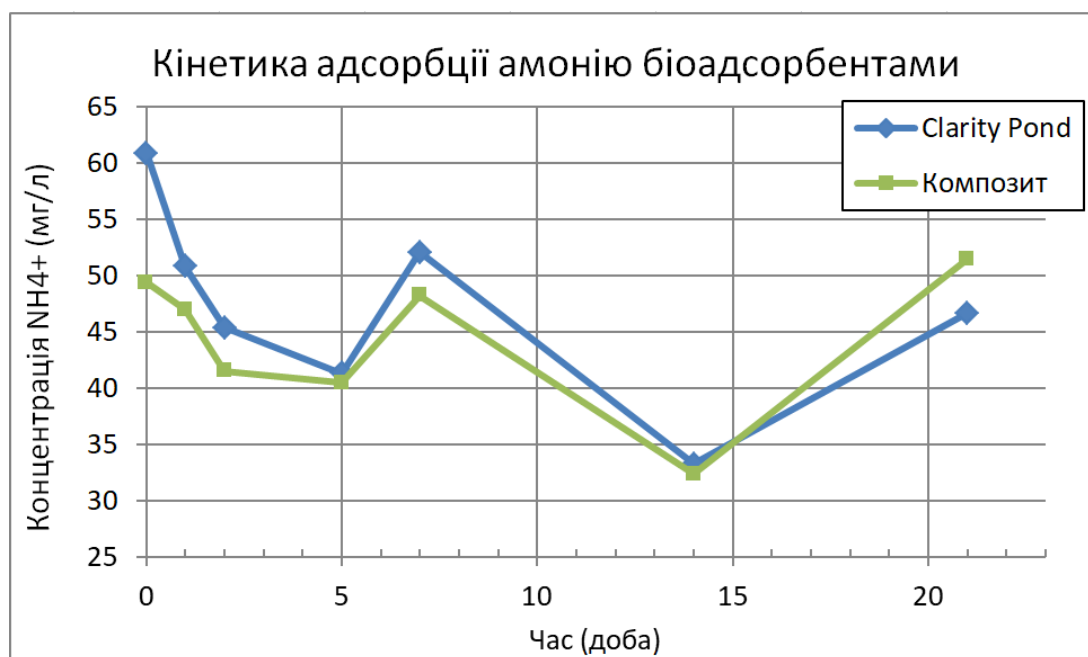


Рис. 1. Кінетика адсорбції іонів амонію біoadсорбентами

Як бачимо з графіка, усі адсорбенти знижують концентрацію NH_4^+ до 5 – 14 доби. «Evogen Clarity Pond» демонструє менш різке підвищення після 14 діб, порівнюючи з композитом, що свідчить про кращу стабільність біопрепарату. Збільшення концентрацій NH_4^+ на 21 добу в обох розчинах свідчить про складні внутрішні процеси, які відбуваються в представлених біосорбентах. Це може бути наслідком накопичення продуктів метаболізму бактерій, одними з яких є нітрит- і нітрат-іони, що здатні негативно вплинути на роботу мікроорганізмів.

Слід також врахувати, що розчин, який містив композит, впродовж усього періоду спостереження залишався прозорим, без запаху та без додаткових забруднень, тоді як розчин з біопрепаратом мав високу мутність, характерний запах застояної води та набув зеленувато-жовтого забарвлення. Біопрепарат має вищу ефективність, однак органолептичні показники не дають йому переваги. Крім того, форма композиту у вигляді гранул дає змогу легко видаляти його з розчину для заміни новими гранулами для безперервної деамоніфікації.

Для оптимізації процесу очищення води біoadсорбентами необхідно більш детально дослідити умови середовища.

Список використаних джерел:

1. Ramakrishnan VV G. A. Nitrogen Sources and Cycling in the Ecosystem and its Role in Air, Water and Soil Pollution: A Critical Review. *Journal of Pollution Effects & Control*. 2015. Vol. 03, № 02. URL: <https://doi.org/10.4172/2375-4397.1000136>
2. Radu G., Racoviteanu G. Removing ammonium from water intended for human consumption. A review of existing technologies. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 664, no. 1. P. 012029. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/664/1/012029>
3. Removal of ammonia and nitrates from contaminated water by using solid waste bio-adsorbents. S. Dey et al. *Current Research in Chemical Biology*. 2021. Vol. 1. P. 100005. URL: <https://doi.org/10.1016/j.crchbi.2021.100005>
4. Revealing the role of microalgae-bacteria niche for boosting wastewater treatment and energy reclamation in response to temperature / C. Zhang et al. *Environmental Science and Ecotechnology*. 2022. P. 100230. URL: <https://doi.org/10.1016/j.es.2022.100230>
5. Ammonia-oxidizing archaea and complete ammonia-oxidizing Nitrospira in water treatment systems / S. Al-Ajeel et al. *Water Research X*. 2022. Vol. 15. P. 100131. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wroa.2022.100131>
6. Rai P. K. Novel adsorbents in remediation of hazardous environmental pollutants: Progress, selectivity, and sustainability prospects. *Cleaner Materials*. 2022. Vol. 3. P. 100054. URL: <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100054>
7. Bacteria to improve and maintain the natural balance of water Evogen Clarity Pond online store Step2Clean. URL: <https://step2clean.com.ua/en/evogen-clarity-pond/?srsltid=AfmBOo0jKvXsOluUJmm-GnscoznI8UdUEjSIxdMflGa4kZFKlfqJahys>

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

Чуприна В.О., Даценко В.В. (м. Харків)

Однією з найактуальніших сучасних екологічних проблем промислових підприємств, що мають у своєму технологічному циклі гальванічні процеси, є проблема утворенням значних обсягів рідких і твердих відходів [1]. На практиці найчастіше заводські очисні споруди не можуть розв'язати проблему утилізації відходів. Переробка гальванічних шламів (ГШ) з подальшим захороненням на спеціалізованих полігонах є надто складною і економічно не вигідною. Найчастіше ГШ складаються на корисних майданчиках самого підприємства без належного санітарно-екологічного контролю. Під дією зовнішніх факторів відбувається вимивання з них токсичних речовин, що призводить до забруднення навколишнього природного довкілля [1-4].

Водночас ГШ містять значну кількість цінних компонентів, тому одним зі шляхів подальшого використання ГШ є їхнє застосування як вторинних

компонентів у будівельній або іншій індустрії замість направлення їх у місця захоронення. Відомі в даний час способи знешкодження ГШ пов'язані з використанням їх як добавок у виробництві різних матеріалів: бетону, керамзиту, асфальту, портландцементу, цегли та керамічних виробів. Також можливе виготовлення з них пігментів і каталізаторів. Суттєвим недоліком цих технологій є неминуче вимивання іонів важких металів із цих матеріалів у навколишнє середовище [5].

Таким чином, основним критерієм оцінки можливості використання відходів у технологіях як вторинну сировину має стати екологічна безпека їхнього виробництва та застосування [6].

Для розгляду було обрано відходи різних підприємств, що мають гальванічні виробництва: Суднобудівельний завод "Залив", ОАО "Нікра", ОАО Завод "ФІОЛЕНТ", ОАО "Нева", НПООО «МАТЕКО». Промислові відходи розглянутих підприємств мають подібний компонентний склад, однак, концентрації металів у них помітно коливаються. Така розбіжність у кількісному вмісті важких металів у відходах виробництва однієї галузі залежить від потужності підприємства та технології використовуваних процесів.

Визначення класу небезпеки відходів проводили розрахунковим методом за вже встановленим фізико-хімічним складом на основі значень середньої смертельної дози хімічного інгредієнта при введенні в шлунок (LD_{50}) або гранично допустимої концентрації токсичної хімічної речовини у ґрунті ($ГДК_г$) [6]. Індекс токсичності (K_i) для кожного компонента у відходах розраховували за формулами [6]

$$K_i = \frac{\lg(LD_{50})_i}{(S + 0,1F + C_b)_i} \quad \text{або} \quad K_i = \frac{ПДК_i}{(S + 0,1F + C_b)_i}$$

де: LD_{50} – значення середньої смертельної дози хімічного інгредієнта при введенні у шлунок;

$ПДК_i$ – гранично допустима концентрація токсичної хімічної речовини у ґрунті, що міститься у відході;

S – коефіцієнт, що відбиває розчинність його у воді, безрозмірний;

F – коефіцієнт леткості даного компонента, безрозмірний;

C_b – вміст даного компонента у загальній масі відходів, у т/т;

i – порядковий номер компонента.

Сумарний індекс токсичності (K_{Σ}) розраховували за формулою [6]

$$K_{\Sigma} = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n K_i$$

де: $n \leq 3$;

K_{Σ} – сумарний індекс токсичності, яким визначають клас токсичності.

Вміст токсичних речовин ($C_{\text{ПР}}$) у загальній масі відходів розраховували за формулою [6]

$$C_{\text{ПР}} = \frac{\lg(LD_{50})_i \Sigma a_i}{n^2 \cdot K_{\text{III}}} - (S_1 + 0,1F_1)$$

де: LD_{50} – значення середньої смертельної дози для хімічного інгредієнта суміші, для якого величина K_i , є мінімальною;

S_1 – коефіцієнт, що відображає розчинність компонента у воді, що відповідає K_1 ;

F – коефіцієнт, що відображає розчинність компонента у воді, що відповідає;

K_{III} – індекс токсичності, що відповідає III класу;

Σa_i – сума відносин K_1, K_2, K_3 до мінімальної величини K_1

$$\Sigma a_i = 1 + \frac{K_2}{K_1} + \frac{K_3}{K_1}.$$

Клас небезпеки відходів різних виробництв визначено для деяких гальванічних промислових підприємств України (таблиця 1).

Таблиця 1

Токсикологічні властивості інгредієнтів, що входять до складу промислових відходів

Назва інгредієнта	Маса інгредієнта, т/т	K_i (по ГДК _Г)	K_i (по LD ₅₀)	K_{Σ} (по ГДК _П)	K_{Σ} (по LD ₅₀)	КО	С _{ПР}
1	2	3	4	5	6	7	8
Судобудівельний завод "Залив"							
Шлам гальванічний пастоподібний у кількості 1043 т/рік							
CdO	0,0003	4921	6087	> 30,1	13,7	IV	0,06
Cr ₂ O ₃	0,0365	164	72,7				
CuO	0,0011	2655	2215				
Fe ₂ O ₃	0,0877	11403	42,2				
MnO	0,0041	365864	668				
NiO	0,0014	2920	1554				
PbO	0,0022	13514	1062				
ZnO	0,172	134	12,7				
Судобудівельний завод "Залив"							
Шлам гальванічний у кількості 277 т/рік							
CuO	0,0033	923	738	>> 30,1		IV	0,2
Fe ₂ O ₃	0,3800	2632	9,7				
MnO	0,0041	363196	668				
NiO	0,0014	2920	1554		5,5	III	
PbO	0,0022	13953	1062				
ZnO	0,1794	128	12,1				
ОАО "Нікра"							
Шлам гальванічного виробництва після реагентного очищення стічних вод у кількості 43 т/рік							
PbO	0,00002	1500000	116823	>> 30,1	>> 10,0	IV	0,2
ZnO	0,0098	2337	222				
CuO	0,0001	33333	24362				
NiO	0,0002	22222	10880				

Fe ₂ O ₃	0,0104	96154	35,6				
MnO	0,0023	660793	1191				
Cr ₂ O ₃	0,0073	821	363				
ОАО "Завод Фіолент"							
Гальванічний шлам у кількості 10 т/рік							
ZnO	0,0169	1361	129	> 30,1	34,1	IV	0,02
PbO	0,0008	36585	2921				
Cr ₂ O ₃	0,0361	166	73,5				
NiO	0,0346	116	62,9				
CuO	0,0128	235	190				
CdO	0,0016	938	2178				
ОАО "Нева"							
Шлак після реагентного очищення гальванічних стоків у кількості 550 т/рік							
Fe ₂ O ₃	0,0141	70922	262	>> 30,1	>> 10,0	IV	0,006
Ni ₂ O ₃	0,0018	2210	1209				
CuO	0,0194	155	126				
ZnO	0,0002	1438	10880				
Al ₂ O ₃	0,0059		610169				
Cr ₂ O ₃	0,0054	1109	491				
НПООО «МАТЕКО»							
Шлам очищення гальванічних ван							
Fe ₂ O ₃	0,3927	2546	9,4	>> 30,1	19,8	IV	0,8
Cr ₂ O ₃	0,038	158	69,8				
ZnO	0,0049	4694	444				
CuO	0,0015	2069	1624				
CdO	0,0009	1667	3873				
PbO	0,0005	55556	4493				
MnO	0,0332	45222	82,5				
Al ₂ O ₃	0,0042		847				

Розрахунок індексу токсичності (K_i) для міді та цинку у відходах показав їх високу токсичність. Тому вміст ВМ у відходах навіть у порівняно малих кількостях, але при регулярному накопиченні та скиданні в промислові води, призводить до потрапляння в навколишнє середовище та накопичення в ньому досить високих концентрацій ВМ, які володіють широким спектром біологічної дії на організми людини і тварин.

Значення сумарного індексу токсичності відходів підприємств України показує, що згідно з класифікацією небезпеки хімічних речовин на основі як LD_{50} , так і $ГДК_i$ промислові відходи здебільшого належать до IV класу небезпеки, тобто є малонебезпечними для довкілля. Четвертий клас небезпеки розглянутих відходів визначає відсутність обмежень при використанні техногенної сировини в будівельній галузі. Про малу токсичність відходів свідчать і низькі значення граничного вмісту токсичних речовин ($C_{пр} \leq 1$) у загальній масі відходів.

Таким чином, як показують представлені результати досліджень, вирішення проблеми утилізації небезпечних відходів потребують дотримання основних критеріїв оцінки можливості їх використання у технологіях вторинної переробки. А для цього необхідно попереднє визначення екологічної небезпеки їхнього виробництва та застосування.

Список використаних джерел:

1. Minelgaite, A.; Liobikiene, G. Waste problem in European Union and its influence on waste management behaviours. *Science of The Total Environment*, 2019, 667, 86–93. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.02.313](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.313)
2. Чуприна В.О., Даценко В.В. Деякі актуальні питання очистки стічних вод гальванічного виробництва // Міжнародна науково-практична конференція за участю молодих науковців «Галузеві проблеми екологічної безпеки – 2024» 24 жовтня 2024. – Харків, ХНАДУ. – С. 151–154.
3. Чуприна В.О., Даценко В.В. Сучасні актуальні питання гальванічного виробництва // Матеріали II-ї Міжнародної науково-практичної конференції “Актуальні проблеми хімії та хімічної технології”, 21-22 листопада 2024 р. – К.: НУХТ, 2024 р. – С. – 237–238.
4. Чуприна В.О., Даценко В.В. Деякі проблеми очистки стічних вод гальванічного виробництва // Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологічно сталий розвиток урбосистем: виклики та рішення в контексті євроінтеграції України», 5 - 6 листопада 2024 р. – Харків, ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. – С. 48–52.
5. Datsenko V., Khimenko, N. Egorova L., Svishchova Ya., Dubyna O., Budvytska O., Lyuymova N., Pasternak V., Pusik L. Construction of the algorithm for assessing the environmental safety of galvanic sludges. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019, 6, 10(102), 42–48. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.188251.
6. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та

визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення / ДСанПіН 2.2.7.029-99 // Затверджено від 1 липня 1999 р. – К., 1999. – 21 с.

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД НАФТОПРОДУКТІВ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННИХ СОРБЕНТІВ

Войницька І. Г., Гаркович О. Л. (м. Одеса)

Забруднення водного середовища нафтопродуктами є однією з найактуальніших екологічних проблем сучасності, що зумовлена інтенсивним розвитком промислової діяльності, транспортної інфраструктури тощо.

Нафтопродукти належать до найнебезпечніших органічних забруднювачів водойм. Висока токсичність цих сполук, низька розчинність у воді, здатність утворювати стійкі плівки на поверхні води та резистентність до природних процесів біодеградації призводять до довготривалого негативного впливу на біорізноманіття, фізико-хімічні властивості води та функціонування екосистем в цілому. Особливо чутливими до дії нафтопродуктів є водні рослини та зоопланктон: вже при концентрації $0,001 \text{ мг/дм}^3$ – виявляється токсичний ефект для зоопланктону, при $0,001\text{--}10 \text{ мг/дм}^3$ пригнічується розвиток макрофітів. Концентрація $0,1 \text{ мг/дм}^3$ призводить до масової загибелі організмів і порушення трофічних ланцюгів [1]. Токсичний вплив нафтопродуктів на водні організми проявляється, зокрема, у прямому пошкодженні клітинних мембран, що порушує нормальний перебіг метаболічних процесів і призводить до дисфункції життєво важливих систем. Забруднення водойм нафтою характеризується високою стійкістю та здатністю до швидкого поширення на значні відстані, 1 кг нафти може утворити плівку на поверхні води площею до 1 га , що здатне спричинити загибель понад 100 мільйонів риб [2].

Основною метою сучасних технологій водоочищення є забезпечення високої екологічної ефективності за умови економічної доцільності впровадження відповідних рішень. Активоване вугілля залишається

найпоширенішим і найефективнішим сорбентом для очищення води. Однак у багатьох регіонах запаси цього ресурсу відсутні або обмежені, а його видобуток пов'язаний зі значними інженерними, екологічними та економічними викликами [3]. У зв'язку з цим науковці активно досліджують альтернативні матеріали для створення сорбентів, які могли б замінити активоване вугілля. Такі матеріали повинні відповідати наступним вимогам: мати високі сорбційні характеристики, бути нетоксичними, економічно вигідними, доступними та придатними до багаторазового використання шляхом регенерації. Крім того, сировина для їх виробництва має бути легкодоступною, а відпрацьовані сорбенти – простими у відновленні чи утилізації. Ці вимоги спонукають дослідників звертати увагу на природні матеріали, зокрема рослинного походження, які можуть слугувати ефективними сорбентами для очищення стічних вод або виступати дешевим джерелом сировини для їх виготовлення.

Серед найперспективніших матеріалів виділяють деревну тріску, кору, тирсу, солому, листя, целюлозу, лушпиння соняшнику та інші сільськогосподарські й харчові відходи. Основним структурним компонентом рослинних сорбентів є целюлоза, яка визначає їхні сорбційні властивості. Целюлоза характеризується високою питомою поверхнею, гідрофільністю та наявністю численних активних центрів, що забезпечують ефективне зв'язування молекул нафтопродуктів. Ці властивості роблять рослинні матеріали, зокрема деревну тирсу та лушпиння, перспективними для очищення стічних вод [4]. Використання цієї сировини для створення сорбентів не тільки сприяє очищенню стічних вод за допомогою «зелених» технологій, але й вирішує низку екологічних проблем: зменшує обсяги видобутку природного вугілля, забезпечує раціональне використання відходів та сприяє їх повторній переробці.

Серед факторів, що визначають сорбційну здатність рослинних відходів, особливе значення має їхня термообробка. Дослідження показують, що карбонізація матеріалів значно підвищує їхню поглинальну здатність: у

порівнянні з вихідною сировиною, сорбційна ємність карбонізованих матеріалів зростає у 3–5 разів. Найбільш економічно вигідним і ефективним сировинним матеріалом для отримання вуглецевих карбонікатів є соснова тирса. Використання цього матеріалу дозволяє підвищити сорбційну ємність щодо нафтопродуктів у 2–3 рази порівняно з карбонізатами, виготовленими з соломи чи листя. Характеристики матеріалів із рослинної сировини до та після карбонізації наведено в табл. 1 [5]

Таблиця 1

Сорбційні характеристики матеріалів із рослинної сировини різного типу до та після карбонізації [5]

Матеріал	Нафтоємність, г/г	
	До карбонізації	Після карбонізації
Тирса сосни	2,2	11,0
Солома	1,2	4,1
Листя	0,8	2,8

Особливої уваги заслуговує лушпиння соняшнику як перспективний сорбент. У вихідному стані воно забезпечує вилучення до 19,4% нафтопродуктів із водного середовища. Після термообробки фракцій лушпиння при температурі 200 °С протягом 20 хвилин ступінь очищення зростає до 56,8%, що свідчить про високу сорбційну ефективність цього матеріалу після карбонізації [6].

Процес сорбції нафтопродуктів із водного середовища рослинними сорбентами проходить у три основні стадії. На першому етапі молекули нафтопродуктів дифундують до поверхні сорбенту. Далі, завдяки капілярним силам, вони проникають у внутрішню пористу структуру матеріалу. На завершальній стадії забрудники накопичуються в шорсткій матриці сорбенту. Ефективність процесу сорбції значною мірою залежить від хімічної природи функціональних груп рослинного матеріалу. Зокрема, гідроксильні групи відіграють головну роль завдяки здатності утворювати водневі зв'язки та брати участь в сорбційних взаємодіях [7].

Для ефективного очищення стічних вод, забруднених нафтопродуктами, необхідно враховувати їхній багатокомпонентний склад, фазоводисперсний стан та ступінь агрегатної стійкості. Запропонована технологічна схема очищення стічної води включає три послідовні стадії очищення (рис. 1). На початковому етапі застосовуються пісковловлювачі. Ці споруди дозволяють видалити важкі мінеральні домішки під дією сил гравітації. Далі стічні води прямують до відстійників, де осідають основні об'єми органічних завислих речовин. На завершальному етапі механічного очищення вода проходить через нафтовловлювачі, де нафтопродукти відокремлюються від води завдяки різниці в їхній густині. Для досягнення гранично допустимих концентрацій нафтопродуктів (ГДК) застосовується стадія сорбційної очистки з використанням рослинних сорбентів.

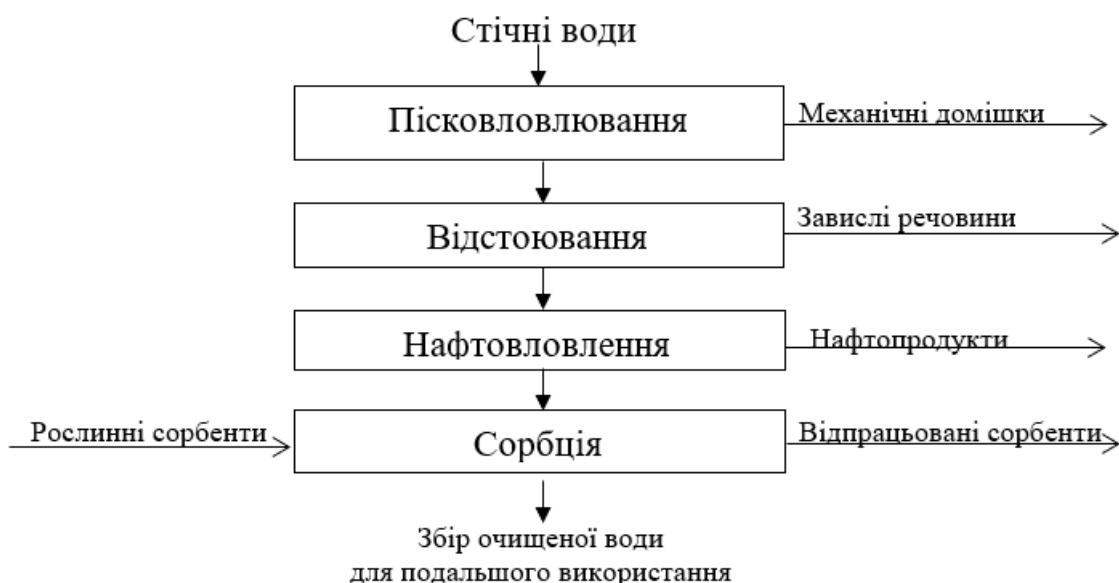


Рис. 1. Технологічна схема очищення стічних вод за використання рослинних сорбентів

Використання рослинних сорбентів має низку переваг, зокрема біорозкладність, відновлюваність, низьку собівартість та доступність сировини, яка часто є відходами сільськогосподарського або лісового виробництва. Водночас сорбційна ємність таких матеріалів зазвичай поступається

синтетичним і мінеральним сорбентам, особливо без попередньої обробки. Подальші дослідження слід спрямувати на розробку нових методів модифікації та вдосконалення цих матеріалів для підвищення їхньої ефективності.

Список використаних джерел:

1. Шестопалов О. В. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: навч. посіб. Харків: НТУ «ХП», 2015. 116 с., 2. Tleuova S.T., Userbayeva B.A., Tleuov A.S., etc. Kinetic study of oil-containing wastewater treatment with the use of natural sorbents. *Journal of Water and Land Development*. 49 (4-6), 2021. p. 252–258., 3. Li, J., Wang, D., Kang, T. Environmental Problems and Strategies Caused by Coal Mining. *Adv. Mater. Res.* 2012, 2071–2076., 4. Павлюх Л.І., Зубченко О.М. Аналіз ефективності сорбційних методів очистки нафтовмісних стічних вод. *Вісник Національного Авіаційного Університету: матеріали наукової конференції студентів і аспірантів*. Вип. 30 Київ: НАУ, 2006. С. 169-171., 5. Кравченко О.В., Швець Д.І. Дослідження сорбції нафтопродуктів вуглецевими матеріалами на основі рослинної сировини. Випуск 10. Київ: 2004. С. 161-165., 6. Павлюх Л. І. Удосконалення технології сорбційного очищення нафтовмісних стоків. *Нафтогазова галузь України*. № 1. Київ: 2013. С. 46-48., 7. Поджарський М.А. Теоретичні основи процесів сорбції. Дніпро: РВВ ДНУ, 2007. 40 с.

ПРО ВПЛИВ РЕКРЕАЦІЇ НА ОРНІТОФАУНУ ЩИРЕЦЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

Паламаренко О.В. (м. Львів)

Щирецьке водосховище розташоване неподалік Львова. Водойма належить до басейну річки Дністер. Як і у другій половині ХХ століття, так і тепер, даний водний об'єкт слугує місцем тимчасової рекреації львів'ян та жителів прилеглих сіл (Солонка, Наварія, Поршна, Малечковичі, Нагоряни). Незважаючи на незадовільний санітарний стан води, відсутність пляжної інфраструктури та рятувальників, окремі рекреанти у теплий період року плавають та засмагають, розпалюють багаття, прогулюються із собаками, катаються на мопедах, мотоциклах, велосипедах.

З метою вивчення впливу рекреації на фауну птахів водойми та птахів зелених насаджень у рекреаційній зоні довкола водойми, нами упродовж 2024 року та до травня 2025 року проведено 38 виїздів. Під час таких виїздів вивчали видове різноманіття птахів та спостерігали за їх поведінкою.

Орнітофауна околиць Львова досі вивчена фрагментарно, по багатьох населених пунктах дані відсутні взагалі (Кузьо, 2016; Бокотей, 2020; Паламаренко, Різун, 2023).

За період досліджень встановлено, що для Щирецького водосховища характерними є 48 видів птахів. Це представники різних екологічних груп.

Із 15 видів, які тісно пов'язані із водно-болотними екосистемами, на присутність рекреантів найбільше реагують крижні (*Anas platyrhynchos* L., 1758) та леbedі (*Cygnus olor* Gmelin, 1789). Птахи не є надмірно лякливими і охоче «випрошують» у рекреантів їжу. Нами помічено, що навіть після того, як рекреанти та рибалки покидають місця свого перебування, крижні та леbedі залюбки підбирають залишки їжі на березі. Для здоров'я цих гусеподібних птахів такі харчові звички можуть мати негативні наслідки.

Варто зазначити, що крижні на водосховищі зимують. Зграї птахів налічують в окремі зимові дні від декількох десятків особин до декількох сотень. У цей період вплив рекреантів проявляється у турбуванні пташиних зграй собаками та людьми. Крижні в таких випадках вимушені швидко покинути берегову лінію та рятуватися на плесі водойми.

По периметру водойми місця для розпалювання вогнищ розташовані нерівномірно, постійно з'являються стихійні локації. Така активність рекреантів має вплив на воронових птахів. Зокрема, тут більше 20 років існує колонія ворони сірої (*Corvus cornix* L., 1758). Нами помічено, що птахи охоче підбирають залишки їжі, залишені у місцях відпочинку та вздовж берегової лінії. Із воронових, які регулярно навідуються до місць відпочинку людей, належать також сороки (*Pica pica* L., 1758) та круки (*Corvus corax* L., 1758). Перших може цікавити також будівельний матеріал антропогенного походження для гнізд. Круки зрідка навідуються до стихійних пляжів та місць, де розпалювали вогнища. Як правило, це періоди, коли людей довкола немає, або ж вони присутні на великій відстані. Для сойки (*Garrulus glandarius* L., 1758)

відвідування рекреаційної зони – звична справа впродовж цілого року. Однак, для живлення вони обирають агроугіддя, розташовані неподалік та дачні масиви, де знайти природну та різноманітну їжу вдається доволі легко.

Крячок річковий (*Sterna hirundo* L., 1758) та мартин звичайний (*Chroicocephalus ridibundus* L., 1758) реагують на рух моторних човнів. Це іноді виражено у підвищеній пошуковій активності дезорієнтованої дрібної риби на поверхні води. Під час масштабних тренувань спортсменів на байдарках та каное, птахи також більш ретельно обстежують з неба поверхню водойми. Отже, така активність людини може сприяти спрощенню у пошуках їжі мартинами і крячками.

Дрібних горобиних птахів протягом року рекреанти постійно підгодовують. Для цього є спеціально облаштоване місце на «дикому пляжі».

Отже, рекреація на Щирецькому водосховищі має вплив на поведінку деяких птахів. У першу чергу це крижні, леbedі, мартини, крячки та вороніві. Припускаємо також, що через стихійні рубки дерев та кущів для розпалювання багать, потерпають птахи, які гніздяться в зелених насадженнях довкола водойми.

Список використаних джерел:

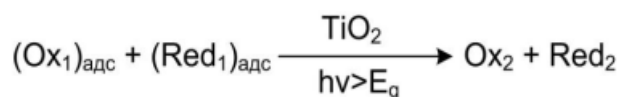
1. Кузьо Г. Сучасний стан і перспективи досліджень орнітофауни передмість міста Львова. Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2016. Вип. 72. С. 3–14.
2. Бокотей А. А. Динаміка гніздової орнітофауни селітебної частини Львова за період між 2006 і 2018 роками. Наукові записки Державного природознавчого музею. 2020. Вип. 36. С. 95–106.
3. Паламаренко О.В., Різун Е.М., Орнітофауна села Солонка на Львівщині: аналіз спостережень за 2010-2023 роки. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол., 2023. Т. 83. № 1–2. С.19-25. DOI: <https://doi.org/10.25128/2078-2357.23.1–2.3>

ПОШУК СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОТОІНДУКОВАНОГО КАТАЛІТИЧНОГО ОКИСЛЕННЯ ОРГАНІЧНИХ СУБСТРАТІВ

**Дрючко О.Г., Соловйов В.В., Бунякіна Н.В., Китайгора К.О.,
Захарченко Р. В. (м. Полтава)**

Останнім часом діоксид титану (TiO_2) привертає особливу увагу у зв'язку з новими унікальними перспективами його застосування у формі наноструктурованих матеріалів і нанокомпозитів з контрольованими морфологічними, фізико-хімічними та оптичними властивостями. TiO_2 , який володіє високою хімічною і термічною стабільністю, а також домішковими рівнями в електронній структурі матеріалу, створюваними за рахунок заданого типу легування, є унікальним для побудови на його основі нових ефективних функціональних матеріалів, що застосовуються у фотокаталізі, фотовольтаїці, сенсориці, каталізі, для рідинної хроматографії та інших сферах.

Суть фотокаталітичних властивостей TiO_2 полягає в тому, що в об'ємі напівпровідникової частинки під впливом електромагнітного випромінювання генеруються електрон – діркові пари. При виході на поверхню частинки TiO_2 вони вступають в окислювально-відновні реакції з адсорбованими молекулами:



У цьому випадку частина електронів і дірок може здійснити рекомбінацію в масі або на поверхні TiO_2 . Для ефективного перебігу фотокаталітичних процесів необхідно, щоб окислювально-відновлювальні реакції за участю пари електрон-дірка були ефективнішими, ніж процеси рекомбінації.

Добре відомі *переваги* використання такого фотокаталітичного способу очищення:

1) можливість окислити практично будь-які органічні речовини і також ряд неорганічних, таких як CO , H_2S , HCN , NH_3 , NO_x та ін.;

2) метод працює при кімнатній температурі і атмосферному тиску;

3) можна окислювати навіть невеликі концентрації забруднювачів, очищення від яких іншими методами є економічно не вигідним;

4) для реалізації методу фотокаталітичного очищення не потрібні додаткові реагенти, тому що окислювачем є кисень повітря.

Однак для фотокаталітичного способу очищення повітря відомі і *ряд недоліків*, таких як:

1) порівняно невелика швидкість очищення;

2) необхідність використання джерел ультрафіолетового світла в разі, коли фотокаталізатором є діоксид титану;

3) низька адсорбційна здатність більшості простих фотокаталізаторів. Тому розробка нових фотокаталітичних систем, які долали б зазначені недоліки, є предметом нагального ряду сучасних досліджень.

Методологія одержання шаруватих фотокаталітично активних титанатів з використанням РЗЕ-вмісних нітратних прекурсорів методами «м'якої хімії»

Для пошуку способів хімічного модифікування центрів фотокаталітичного окиснення, на основі високодисперсного TiO_2 анатазної модифікації, у роботі послідовно вирішувалися наступні завдання:

1. вивчення механізмів перетворень у системах координаційних нітратних прекурсорів РЗЕ і лужних металів, у ході формування поліфункціональних фотокаталітично активних шаруватих оксидних матеріалів;

2. розроблення методології і виготовлення зразків фотокаталізаторів на основі TiO_2 анатазної модифікації і композиційних зі структурою тришарового титанату $\text{K}_2\text{Ln}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ з їх двостадійним нанесенням і формуванням на структуровані металеві носії;

3. вивчення кінетичних закономірностей реакцій тестового фотокаталітичного окислення парів органічних речовин (на прикладі етанолу) в статичному реакторі;

4. встановлення технологічно-функціональних залежностей; керованого модифікування властивостей одержуваних цільових продуктів.

Модифікування поверхні дисперсій TiO_2 анатазної модифікації у продуктах термолізу координаційних нітратів

Аналіз результатів дослідження, із власного вивчення модельної системи [1] і системний аналіз відомостей, отриманих із наукових публікацій за тематикою роботи, засвідчує про те, що позитивною особливістю використання вказаних РЗЕ-вмісних нітратних систем порівняно з іншими легкорозчинними системами хлоридів, оксалатів є те, що конкуруючі іонно обмінні взаємодії приводять до легкого утворення цілого класу аніонних координаційних сполук Ln^{3+} з атомами кисню (донорами електронів) NO_3^- - груп (лігандів) усього природного ряду рідкісноземельних елементів, з усіма катіонами лужних металів, а ще до того ж стійких, як у розчинах, так і у розплавах. Це дозволяє здійснювати технологічні перетворення з низькими енергетичними затратами (внаслідок малого значення енергії активації процесів комплексоутворення Ln^{3+} з планарними малими за розміром NO_3^- - групами). Комплексні сполуки легкоплавкі, малоагресивні, елементів церієвої підгрупи – нелеткі. Це дозволяє працювати при більш низьких температурах, розширюється температурний діапазон стійкості комплексних частинок.

Вплив сформованих зразків-фотокаталізаторів (зі структурою тришарового титанату $Me_2Ln_2Ti_3O_{10}$ ($Me - K$; $Ln - Nd$)) на кінетику окислення парів органічних речовин, на прикладі етанолу

Логічним практичним застосуванням й апробуванням одержаного комплексу емпіричних знань про сумісну поведінку і властивості складових компонентів в досліджуваних системах було розроблення одного із можливих

способів нанесення і формування композиційних фотокаталітично активних покриттів на структуровані металеві носії (для мінімізації внеску адсорбційної складової у загальний ефект комплексного перетворення) із дисперсій субмікронних розмірів анатазної фази TiO_2 і подібних частинок з модифікованими властивостями їхнього поверхневого шару. Послідуючого проведення їхнього порівняльного тестового випробування на активність у процесах фото деструкції парів органічних речовин (на прикладі етанолу) у повітряному середовищі під впливом УФ опромінення. Модифікування активності центрів окислення об'єктів здійснювали дво стадійним термо обробленням зразків, з роздільним етапуванням процесів: 1) нанесенням і фіксуванням покриттів на основу із водно-суспензійних систем TiO_2 і розчинних нітратних прекурсорів Ln та лужних металів, взятих у заданих співвідношеннях; 2) формуванням дифузійних потоків на міжфазних границях складових гетерогенних композиційних систем та регулюванням складу й умов перероблення розплавів нітратних прекурсорів (з метою створення сприятливих умов для асоціації титанатів з шаруватою структурою $\text{Me}_2\text{Ln}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$). Такі композиційні системи являються кристалізаційно-конденсованими структурами твердіння.

На підготовчих стадіях термо-оброблення вихідних водно-суспензійних систем із заправкою компонентного складу розчинних нітратних попередників у співвідношенні, що відповідає утворенню тришарового перовскітоподібного титанату $\text{Me}_2\text{Nd}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$ ($\text{Me}_2\text{O} \cdot \text{Nd}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{TiO}_2$, Me – Li, Na, K; Ln – La - Nd), відбувається видалення розчинника із пересиченого дисперсійного середовища, і згідно з вивченою політермічною діаграмою розчинності (перетворення в області концентраційної конгруентності) поступове виділення зародків кристалів лужних координаційних нітратів Ln. Подальше нагрівання цих проміжних новоутворених фаз, веде до їх плавлення і послідовного розкладання, з виділенням оксидів азоту і кисню.

В [2] встановлено, що перехід субмікронного порошку діоксиду титану з анатаза в рутил відбувається при 750-850 °С, а роль первинних елементів структури в таких дисперсних об'єктах грають частки порошку. (Для довідки в [3] наводяться інші дані такого температурного перетворення 500 – 600 °С).

TiO₂ (анатаз), у досліджуваній багатокомпонентній гетерогенній системі, веде себе хімічно індиферентно по відношенню до складових структурних компонентів до моменту зародження у продуктах термолізу розплаву нітратних координаційних прекурсорів слабо закристалізованих хімічно активних частинок подвійних оксидів MeLnO₂ (Me₂O·Ln₂O₃) [4]. При збільшенні енергії активації системи ($t > 520$ °С) і, відповідно, енергії теплового руху структурних елементів – виникає можливість їх зближення на більш короткі відстані, проявляється зміцнення координаційного хімічного зв'язку між складовими катіонами відповідних металів і атомами кисневих аніонів, з утворенням перовскіподібних, в тій чи іншій мірі, катіоно-впорядкованих тришарових оксидних структур Me₂Ln₂Ti₃O₁₀ з набором притаманних їм властивостей.

В роботі дослідження фотокаталітичної активності синтезованих матеріалів проводили на прикладі тестової реакції окислення парів етанолу в статичному реакторі. Процес відбувається з утворенням в газовій фазі проміжного продукту – ацетальдегіду, який в кінцевому рахунку повністю окислюється до CO₂. Для сформованих композиційних фотокаталізаторів спостерігалось збільшення швидкості окислення субстрату, в порівнянні з чистим TiO₂. В результаті це призводило до зменшення часу видалення субстрату та інтермедіату з газової фази та зниження максимальної концентрації ацетальдегіду в останній.

Таблиця 1

Результати експериментального оцінювання умовної активності зразків фотокаталізаторів

Катіоновпорядкований тришаровий K ₂ Nd ₂ Ti ₃ O ₁₀	TiO ₂ (модифікація анатазу)
S=218 см ²	S=395 см ²
t = 18,8°С	t = 19,0°С

$\tau_{\Sigma} = 40$ хв.	$\tau_{\Sigma} = 128$ хв.
$\Delta\text{CO}_2 = 114$ ppm	$\Delta\text{CO}_2 = 108$ ppm
$V_{\text{сер.}} = 2,85$ ppm/хв.	$V_{\text{сер.}} = 0,84$ ppm/хв.
$V_{\text{сер. акт.}} = 13,1 \cdot 10^{-3}$ ppm/см ² ·хв.	$V_{\text{сер. акт.}} = 2,1 \cdot 10^{-3}$ ppm / см ² ·хв.

Катіоно-впорядковані тришарові композиційні матеріали $\text{K}_2\text{Nd}_2\text{Ti}_3\text{O}_{10}$, за відповідних умов, можуть виступати альтернативами TiO_2 анатазної модифікації, умовний питомий показник активності яких у 6,2 рази вищий у порівнянні з такою характеристикою діоксиду титану.

Одержані відомості дозволяють оптимізувати умови формування катіоно-впорядкованих шаруватих титанатів; з'ясувати умови і виявити температурний діапазон застосування даного класу сполук. Отримані власні і літературні фізико-хімічні, термохімічні та структурні дані, а також результати їх інтерпретації є етапом розвитку експериментальної і теоретичної наукової бази даних, про шаруваті сполуки і процеси з їх участю.

Досліджуваний клас шаруватих сполук є перспективною основою для створення поліфункціональних матеріалів з унікальними властивостями. Вони визначаються двовимірним характером побудови міжшарового простору, спотворенням структури титан-кисневих октаедрів перовскітового шару і високою рухливістю катіонів лужних металів. Такі їх властивості можуть знайти своє застосування в інноваційних областях науки, техніки, енергетики, електроніки, екології.

Список використаних джерел:

1. Storozhenko D., Dryuchko O., Golik Yu., Kytaihora K., Gornitsky I., Misko A. (2019). Monitoring activity of the CO₂ emission objects system components in formation of the air mass in individual closed premises. Academic journal. Series: Industrial Machine Building, Civil Engineering, 2(53), 157-170. <https://doi.org/10.26906/znp.2019.53.1907>
2. Cromer, D.T., Herrington, K. (2005). Journal American Chemical. Society. 77(18). 4708.
3. Hanaor, D.A.H. and C.C. Sorrell, Review of the anatase to rutile phase transformation. Journal of Materials Science, 2010. 46(4): p. 855-874.
4. Kudrenko, E. O., Shmyt'ko, Y. M., Strukova, H. K. (2008). Fyzyka tverdoho tela, 50(5), 924.

НЕБЕЗПЕКА ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ

Дрожчана О.У. (м.Полтава)

Виробництво й застосування хімічних речовин на робочих місцях у всьому світі є однією з найсерйозніших проблем у сфері охорони праці. Ці сполуки стали невіддільною частиною повсякденного життя, і їхні переваги добре відомі та беззаперечні. Від пестицидів, які сприяють зростанню обсягів і покращенню якості продуктів харчування, до ліків, що лікують хвороби, та засобів, необхідних для дотримання гігієни в побуті – все це незамінні складники сучасного побуту. Вони також мають ключове значення для численних технологічних процесів, у межах яких створюються вироби, важливі для підтримки глобального рівня життя. Водночас уряд, роботодавці та працівники продовжують докладати зусиль для контролю за впливом небезпечних компонентів на здоров'я людей і зменшення їх викидів у довкілля.

Дилема виникає через ризики, що супроводжують використання хімічних сполук. Так, пестициди, які сприяють вирощуванню більшого та якіснішого врожаю, можуть становити загрозу для здоров'я працівників, зайнятих у їх виробництві, застосуванні на полях або тих, хто стикається з їхніми залишками. Шкідливі сполуки, що з'являються в процесі створення та використання агрохімікатів, можуть викликати серйозні екологічні наслідки, які зберігаються у природі роками. Ліки, здатні рятувати життя важкохворих, іноді шкодять працівникам, що беруть участь у їх виготовленні та застосуванні. Засоби для прибирання, покликані забезпечувати належні санітарні умови, також можуть негативно позначатися на здоров'ї тих, хто постійно має з ними справу. Присутність хімікатів може спричиняти різноманітні негативні наслідки – від загроз для здоров'я, зокрема канцерогенної дії, до фізичних ризиків, як-от займистість, а також серйозних екологічних проблем, включаючи забруднення

навколишнього середовища та отруєння водної екосистеми. Значна частина пожеж, вибухів та інших надзвичайних ситуацій виникає через неналежний контроль над небезпечними властивостями таких речовин.

Протягом багатьох років одним із основних напрямків діяльності у галузі охорони праці є хімічна безпека. Хоча останнім часом у регулюванні процесів виробництва та застосування хімічних речовин і було досягнуто значного прогресу, уряд, роботодавці та працівники продовжують на національному та на міжнародному рівнях докладати зусиль для зменшення негативних наслідків використання небезпечних речовин, цей прогрес все ще недостатній. Вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище, як і раніше, мають місце. Працівники, які безпосередньо піддаються впливу небезпечних речовин, мають право на працю у безпечних та нешкідливих для здоров'я умовах, на отримання всієї необхідної інформації, на відповідну підготовку та забезпечення свого захисту.

У відповідь на постійний розвиток науки й техніки, збільшення обсягів виробництва хімічної продукції та трансформацію трудових процесів слід вживати скоординованих дій на міжнародному рівні. Також важливо продовжувати створення ефективних засобів для обміну інформацією щодо небезпечних хімічних факторів і методів захисту, а ще формувати системний підхід до охорони праці при роботі з хімічними речовинами, використовуючи зібрані дані.

Хімічні речовини використовуються практично в усіх галузях і на більшості підприємств, тож під їхній вплив потрапляє значна кількість працівників. Через це вони становлять потенційну загрозу незалежно від виду діяльності. Обсяг необхідних заходів для подолання конкретних ситуацій може змінюватися залежно від рівня небезпеки й кількості застосовуваних речовин. Проте уникнути потреби у створенні дієвої стратегії для зменшення ризиків, пов'язаних із небезпечною хімією, не може жодна сфера. Навіть в офісах

працівники можуть контактувати з речовинами, що містяться, наприклад, у чорнилі або тонерах. Крім того, деякі з них працюють у копіювальних відділах чи виконують завдання у приміщеннях із високим рівнем хімічних випарів. Також впливу шкідливих речовин зазнає персонал, відповідальний за прибирання або охорону офісного приміщення.

Деякі галузі мають значний вплив не лише на працівників, а й на довкілля, що слід враховувати під час розробки програм профілактичних заходів. Зокрема, в аграрному секторі під час обробки посівів використовують пестициди, які відразу потрапляють у повітря, можуть проникати у водойми або залишатися в ґрунті протягом тривалого часу. Працівник, що проводить обприскування, зазнає прямого контакту з цими речовинами, але при створенні безпечних методів роботи необхідно також брати до уваги можливий вплив на мешканців навколишніх територій. Міжнародна організація праці у 2001 році ухвалила Конвенцію № 184 щодо безпеки та гігієни праці в сільському господарстві, а також відповідну Рекомендацію №164, у яких викладено підходи до оцінювання ризиків та забезпечення безпечного поводження з хімічними речовинами в аграрній сфері.

Визначити точну кількість хімічних речовин, що застосовуються на робочих місцях, досить складно. Завдання ускладнюється тим, що ці речовини входять до складу численних сумішей, частина з яких спеціально створюється для комерційного використання. Однак при плануванні профілактичних і захисних заходів слід враховувати не лише навмисне, а й випадкове змішування, що може спричинити небезпечні викиди. До того ж чимало окремих сполук не проходять повноцінної оцінки щодо ризиків для здоров'я. Ще рідше перевіряються саме суміші, які зазвичай мають унікальний склад на кожному підприємстві. Оскільки більшість працівників контактує не з окремими речовинами, а з їх комбінаціями, ефективний захист повинен зосереджуватися насамперед на контролі впливу таких сумішей.

Нові хімічні речовини з'являються стрімко, тоді як оцінка їх впливу на безпеку праці розвивається значно повільніше. Яскравим прикладом цього дисбалансу є нанотехнології. Дослідники працюють над створенням структур, пристроїв і систем із розмірами в межах 1–100 нанометрів. Через настільки малі розміри матеріали набувають особливих властивостей, що змінюють їхню фізичну, хімічну та біологічну поведінку. Ці характеристики активно використовуються для розробки інноваційних продуктів, адаптованих до специфіки наноматеріалів. Такі вироби знаходять застосування в різних сферах – від медицини й побуту до промислового виробництва.

Унікальні властивості наноматеріалів можуть впливати на їхній ефект на людей. Через маленькі розміри їхній потенційний вплив на працівників, зайнятих у виробництві інноваційних продуктів, може бути більш значущим. Вплив багатьох матеріалів у звичайному вигляді на здоров'я людини добре відомий, і для захисту від нього використовуються відповідні заходи. Однак, при застосуванні цих матеріалів у наноформі, необхідній для виготовлення інноваційних продуктів, можуть виникати нові небезпечні ефекти, для яких потрібні нові методи захисту. Як це часто трапляється з інноваціями, виробництво починається до належної оцінки можливих ризиків, що може призвести до впливу невідомих факторів на працівників. Тому в багатьох країнах, зокрема в Європейському Союзі, ОЕСР та США, активно проводяться дослідження, спрямовані на вивчення аспектів наноматеріалів, що стосуються охорони праці та навколишнього середовища. Деякі держави створюють національні групи для визначення впливу цих матеріалів, класифікації небезпек, оцінки ризиків та розробки відповідних заходів. Також у розробці рекомендацій щодо нанотехнологій та охорони навколишнього середовища беруть участь наукові та екологічні організації.

У контексті безперервного науково-технічного прогресу, глобального зростання виробництва хімічних речовин і змін в організації праці, необхідно

вжити відповідних узгоджених заходів на міжнародному рівні, підвищити обізнаність людей про хімічні небезпечні фактори та засоби захисту від них. Цю інформацію слід використовувати для створення системного підходу до охорони праці на робочих місцях, де застосовуються хімічні речовини.

Список використаних джерел:

1. Охорона праці при використанні хімічних речовин на робочих місцях. URL: <https://surl.li/qrcmbi>.
2. Щодо захисту працівників від шкідливого впливу хімічних речовин. URL: <https://surl.li/hzkhdt>.

АЛЕРГІЯ НА ОКРЕМІ КОСМЕТИЧНІ КОМПОНЕНТИ

Саустян Я.С., Філіпцова О.В. (м. Харків)

Сьогодні косметика присутня в повсякденному житті жінок, чоловіків та дітей. За оцінками, 95% жінок та 75% чоловіків щодня контактують з косметикою, яка, на відміну від зовнішніх лікарських засобів, не повинна змінювати структуру та функцію тканин, на які вона наноситься. Закон Польщі про косметику від 30 березня 2001 року чітко визначає, що косметичним продуктом є будь-яка хімічна речовина або суміш, призначена для зовнішнього контакту з тілом людини, єдиною або основною метою якої є підтримка його чистоти, догляд, захист, ароматизація, зміна зовнішнього вигляду або покращення аромату. Цей закон також регулює процедури введення косметичної продукції в обіг. Однак, все ще спостерігається випадок побічних ефектів після використання косметики, спричинених деякими її компонентами. Побічний ефект визначається як будь-яка несприятлива та ненавмисна дія косметики, що використовується за нормальних або інших розумно передбачуваних умов, враховуючи всі інструкції із застосування та будь-які інші вказівки чи інформацію, надані виробником. Косметичні засоби поділяються на дві групи: ті, що залишаються на шкірі (не змиваються) та ті, що змиваються зі шкіри (респіратори). До першої групи належать креми, лосьйони, парфуми, і саме вони відповідають за більшість випадків гіперчутливості. Косметичні засоби, що

змиваються, такі як шампунь та інші мийні засоби, сенсibilізують значно менше, оскільки контакт зі шкірою короткий.

Ароматизатори є важливим інгредієнтом більшості косметичних засобів, товарів домашнього вжитку та продуктів харчування. Окремі продукти можуть містити від 10 до 300 цих сполук. Найбільша їх кількість міститься в парфумах, в яких ароматизатор може сягати навіть 60% (у парфумерному екстракті). Парфумерна промисловість використовує близько 3000 видів ароматизаторів, які отримують з натуральних продуктів або синтезують. За даними деяких дослідників, FM-тест виявляє чутливість до запахів навіть у 70% алергіків, але багато досліджень повідомляють, що цей відсоток набагато нижчий, близько 30%. Суміш складається з коричневого альдегіду та спирту, евгенолу та ізоевгенолу, гераніолу, гідроксицитронелалю, амліццинамальдегіду та дубового моху. Дослідження, проведене в Данії за участю приблизно 10 000 пацієнтів з екземою, показало, що 5,5% респондентів повідомили про позитивну реакцію після впливу суміші. Найчастіше виявлялася алергенна реакція на дубовий мох, другою послідовною сенсibilізуючою сполукою був ізоевгенол, потім коричний альдегід, коричний спирт, евгенол, гідроксицитронелаль, гераніол і, нарешті, амліццинамальдегід. Алергія на дубовий мох та ізоевгенол, що входять до складу дезодорантів та дорогих парфумів, настільки поширена, що в Європейському Союзі закликали до заборони їх додавання до косметики. Також докладалися зусилля для заміни ізоевгенолу його ацетатом, але це не дало задовільних результатів. Перуанський бальзам також є ароматизатором у багатьох косметичних засобах, а його використання широке завдяки фіксуєчим властивостям. За загальновідомою назвою цього продукту стоїть щонайменше десяток алергенів, зокрема коричний альдегід та кислота, кориця з корицею, бензоат кориці, бензилбензоат, ванілін, ванільна кислота, неролідол та фарнезол. Через наявність такої великої кількості компонентів, перуанський бальзам має високий ризик перехресних реакцій.

Консерванти забезпечують довговічність та захист від росту бактерій і грибків, що викликають псування косметики. Дезінфікуючі властивості ефірів параамінобензойної кислоти (парабенів), сполук, що вивільняють формальдегід, ізотіазолінонів, органічних сполук ртуті (тіомерсалу) зазвичай використовуються в косметичі. Ці сполуки мають дуже різну хімічну структуру і можуть бути розділені на такі групи: спирти, аміді та аміни, карбаніліди, донори формальдегіду та металів, органічні речовини. Формалін (водний розчин формальдегіду) та донори формальдегіду мають високий пріоритет серед консервантів, що викликають алергію в косметичі. Формалін – чудовий консервант зі специфічним неприємним запахом, який нейтралізується додаванням спеціального парфумерного аромату. Ця сполука широко використовується не лише як консервант, але й у виробництві багатьох пластмас. З цієї причини причина алергії іноді є проблематичною. Формальдегід є відносно потужним контактним алергеном, тому донори формальдегіду все частіше використовуються для зниження його концентрації шляхом уповільненого вивільнення. Однак численні дослідження повідомляють, що запропоновані консерванти, що вивільняють формальдегід, іноді викликають алергічну реакцію, і крім того, може виникнути супутня побічна реакція на формальдегід. Чудовими консервантами є ефіри парагідроксибензойної кислоти, які називаються парабенами. Хімічно це переважно ефіри метил-, етил-, пропіл-, бутіл- та бензил- *n*- гідроксибензоату. Ефіри з коротким ланцюгом ефективні проти бактерій, а ефіри з довгим ланцюгом – більш активні проти грибків, тому зазвичай використовуються суміші цих сполук; однак для вивчення алергії майже завжди у складі присутні 3 ефіри (метил-, етил- та пропіл-). Ці сполуки присутні майже у всіх (99%) косметичних засобах, що не змиваються, та у значній частині (77%) косметичних засобів, що змиваються, а їх концентрація може сягати 0,8%. Парабени, однак, є відносно слабкими алергенами та

викликають алергічну реакцію так само часто, як і компоненти ліків, при нанесенні на пошкоджену шкіру .

Ще однією речовиною, яка входить до складу косметики та також є частою причиною алергії, є парафенілендіамін (PPD). Він є переважно компонентом фарб для волосся та шампунів для фарбування, а також багатьох кольорових косметичних засобів. Парафенілендіамін належить до «пара-аміно»-сполук, тобто ароматичних амінів, які можуть викликати перехресні реакції та вторинну алергію на інші фарби для волосся та текстиль у людини з високою алергією на PPD. Багато барвників є речовинами, які можуть викликати фототоксичні або фотоалергічні реакції; до них належать еозин, бенгальський рожевий, метиленовий синій, антрахінон. Такі реакції відбуваються під впливом ультрафіолетового світла, яке модифікує речовини на шкірі, так що вони можуть зв'язуватися з білками шкіри та ставати компетентним фотоалергеном. Повторний вплив цієї сполуки під час впливу ультрафіолетового випромінювання викликає алергічну реакцію уповільненого типу, як-от алергічний контактний дерматит. Еозин, насичено-червоний барвник, є прекрасним прикладом агента фотоалергічної реакції. У осіб, які зазнали впливу еозину, спостерігалось подразнення та пітливість пальців, а також пухирі на пальцях. Цей барвник використовується в косметичі, що виробляється в Азії та арабських країнах. Через сенсibilізацію його було вилучено з європейського та американського ринків.

Список використаних джерел:

1. Wolf R, Wolf D, Tüzün B, Tüzün Y. Contact dermatitis to cosmetics. *Clin Dermatol*. 2001 Jul-Aug;19(4):502-15.
2. Zukiewicz-Sobczak WA, Adamczuk P, Wróblewska P, Zwoliński J, Chmielewska-Badora J, Krasowska E, Galińska EM, Cholewa G, Piątek J, Koźlik J. Allergy to selected cosmetic ingredients. *Postepy Dermatol Alergol*. 2013 Oct;30(5):307-10.
3. Reduta T, Bacharewicz J, Pawłoś A. Patch test results in patients with allergic contact dermatitis in the Podlasie region. *Postepy Dermatol Alergol*. 2013 Dec;30(6):350-7. doi: 10.5114/pdia.2013.39433. Epub 2013 Dec 18. PMID: 24493997; PMCID: PMC3907899.
4. Shaji M, Merin KA, Kameswaran R. A Review on Cosmetics Causing Contact Urticaria. *Indian J Dermatol*. 2022 Jul-Aug;67(4):392-398. doi: 10.4103/ijd.ijd_1090_20. PMID: 36578720; PMCID: PMC9792033.

ВПЛИВ АДІПОНЕКТИНУ НА РОЗВИТОК МЕТАБОЛІЧНОГО СИНДРОМУ

Зионг Т. Т., Прохоренко В. Л. (м. Харків)

Метаболічний синдром (МС) – це група взаємопов'язаних обмінних порушень, що збільшують імовірність розвитку діабету 2 типу, серцево-судинних захворювань, інсультів. Для підтвердження синдрому достатньо 3 з перелічених симптомів: підвищений рівень глюкози натще, інсулінорезистентність, гіпертригліцеридемія, низький HDL-холестерин, гіпертонія, абдомінальне ожиріння. Чверть дорослого населення у США має МС, а серед осіб віком понад 50 років – майже половина. [1, 2] Через серйозні наслідки цього стану важливим є вивчення умов і чинників, що йому передують.

Метою дослідження є визначення впливу адипонектину на розвиток метаболічного синдрому.

Робота ґрунтується на аналізі літератури з наукометричних баз Pubmed, Scopus. Було розглянуто 25 статей, 15 з них взято для написання роботи.

Адипонектин (AdipoQ, Acrp30, GBP-28, apM1) – це гормон, який постійно синтезується і секретується переважно адипоцитами білої жирової тканини. Вік присутній у високих концентраціях у плазмі (3–30 мкг/мл), що становить до 0,05% від загального білка сироватки. [3] Гормон виконує низку критично важливих метаболічних та клітинних функцій, які зрештою визначають його роль у патофізіології захворювань людини.

Підвищує чутливість до інсуліну. В скелетних м'язах адипонектин збільшує чутливість до інсуліну через АМФ-кіназу та α -рецептори, активований проліфераторами пероксисом (PPAR-альфа), а в печінці – шляхом підвищення фосфорилування рецептора інсуліну та його субстрату. Через АМФ-активовану протеїнкіназу (AMPK) підвищує транспорт глюкози та знижує глюконеогенез в

гепатоцитах і підвищує рівень базальної глюкози та поглинання глюкози в адипоцитах. Крім того, збільшує секрецію інсуліну підшлунковою залозою.

Також було встановлено генетичні зв'язки між рівнем адипонектину та інсулінорезистентністю [4] не залежно від раси, віку [5-10]: наприклад, генетичний поліморфізм на хромосомі 3, що призводить до гіпоадипонектинемії, підвищує схильність до розвитку інсулінорезистентності та метаболічного синдрому. [3]

Регулює ліпідний обмін. Адипонектин позитивно корелює з HDL, що забезпечує ефективне зворотне транспортування холестерину з периферичних тканин до печінки. Крім того, він знижує рівень тригліцеридів і LDL, оскільки зменшує синтез і накопичення тригліцеридів у печінці, пригнічує активність ліпогенних ферментів і покращує β -окиснення жирних кислот, що сприяє зниженню концентрації холестерину. Завдяки своїй антиатерогенній дії адипонектин зменшує експресію молекул адгезії та запальних цитокінів в ендотелії, а також пригнічує накопичення ліпідів у макрофагах, запобігаючи утворенню пінистих клітин – основного компонента атеросклеротичних бляшок. Активація шляху AMPK разом з подальшим збільшенням окислення жирних кислот у печінці та скелетних м'язах, що в сукупності сприяє нормалізації ліпідного профілю. [11-13]

Має протизапальні властивості. Він зменшує продукцію прозапальних цитокінів, зокрема TNF- α та IL-6, і таким чином пригнічує хронічне системне запалення. Дослідження показали, що адипонектин зменшує запальні процеси в макрофагах, ендотеліальних клітинах, м'язах та епітелії, активуючи цАМФ-залежну протеїнкіназу А та AMPK. Крім того, він пригнічує секрецію С-реактивного білка і блокує сигнальні шляхи, що залучають NF- κ B та TNF- α , зменшуючи утворення реактивних форм кисню та підтримуючи гомеостаз. Окрім цього, адипонектин здатен регулювати проліферацію клітин. Зокрема, встановлено, що він індукує апоптоз і може протидіяти канцерогенезу,

активуючи AMPK, а також білки p21 та p23 у ракових клітинах товстої кишки. Протипухлинна дія також спостерігалась у дослідженнях раку легень та підшлункової залози. Однак деякі нові дослідження показали, що за певних умов адипонектин може мати антиапоптотичний ефект і навіть сприяти проліферації клітин, що свідчить про його подвійну роль, яка може залежати від типу тканини чи умов мікросередовища. [3, 13-15]

Дивлячись на все вищеперераховане, можемо зазначити, що рівень адипонектину має прямий валив на розвиток метаболічного синдрому, бо впливає на кожний з можливих його симптомів.

Метаболічний синдром – це серйозна загроза для здоров'я, і його вчасна діагностика та лікування є надзвичайно важливими. Адипонектин не виділяється раптово у відповідь на якийсь один стимул, як це роблять гормони, пов'язані з короткочасним стресом або харчуванням. Його концентрація змінюється повільно у відповідь на тривалі зміни стану організму: ожиріння, хронічне запалення, дієта, фізична активність тощо. Концентрація адипонектину негативно корелює з індексом атерогенності, рівнями тригліцеридів і аполіпропротеїну В, та позитивно – з HDL-холестерином і Апо-А1. Він регулює енергетичний гомеостаз, чинить протизапальну й антиатерогенну дію, знижує адгезію моноцитів до ендотелію та пригнічує проліферацію гладком'язових клітин судин. При ожирінні рівень адипонектину знижується, на відміну від лептину, резистину й TNF- α . Його дефіцит асоціюється з інсулінорезистентністю та підвищеним ризиком розвитку ЦД 2 типу, незалежно від ІМТ, раси та статі. Рекомбінантний адипонектин пригнічує синтез глюкози в печінці.

Список використаних джерел:

1. Dentali, F., Romualdi, E., & Ageno, W. (2007). The metabolic syndrome and the risk of thrombosis. *Haematologica*, 92(3), 285–293.
2. Kassi, E., Pervanidou, P., Kaltsas, G., & Chrousos, G. (2011). Metabolic syndrome: Definitions and controversies. *BMC Medicine*, 9, 48.
3. Ramakrishnan, N., Auger, K., Rahimi, N., & Jialal, I. (2025). Biochemistry, adiponectin. In StatPearls [Internet]. StatPearls Publishing.
4. Pehlivan, S., Senkal, N., Oyaci, Y., Kose, M., Pehlivan, M., Sayin, S. H., Medetalibeyoglu, A., Serin, I., & Tukek, T. (2025). Metabolic syndrome and effect of gene polymorphisms: ADIPOQ, AGT, AGTR1, AGTR2, ApoC-III, NR3C1, and GNB3 gene polymorphisms. *Molecular Biology Reports*, 52(1), 422.
5. Rubio-Chavez, L. A., Rosales-Gomez, R. C., Rubio-Chavez, K. H. L., Ramos-Nuñez, J. L., Garcia-Cobian, T. A., Camargo-Hernandez, G., Sanchez-Corona, J., & Gutierrez-Rubio, S. A. (2020). The rs822396 polymorphism of the ADIPOQ gene is

associated with anthropometric, clinical, and biochemical alterations related to the metabolic syndrome in the Mexican population. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 18(5), 243–250. 6. Wang, Q., Ren, D., Bi, Y., Yuan, R., Li, D., Wang, J., Wang, R., Zhang, L., He, G., & Liu, B. (2020). Association and functional study between ADIPOQ and metabolic syndrome in elderly Chinese Han population. *Aging (Albany NY)*, 12(24), 25819–25827. 7. Zhou, J. M., Zhang, M., Wang, S., Wang, B. Y., Han, C. Y., Ren, Y. C., Zhang, L., Zhang, H. Y., Yang, X. Y., Zhao, Y., & Hu, D. S. (2016). Association of the ADIPOQ Rs2241766 and Rs266729 polymorphisms with metabolic syndrome in the Chinese population: A meta-analysis. *Biomedicine & Environmental Sciences*, 29(7), 505–515. 8. Truong, S., Tran, N. Q., Ma, P. T., Hoang, C. K., Le, B. H., Dinh, T., Tran, L., Tran, T. V., Le, L. H. G., Vu, H. A., Mai, T. P., & Do, M. D. (2022). Association of ADIPOQ single-nucleotide polymorphisms with the two clinical phenotypes type 2 diabetes mellitus and metabolic syndrome in a Kinh Vietnamese population. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, 15, 307–319. 9. Larifla, L., Rambhojan, C., Joannes, M.-O., Maimaitiming-Madani, S., Donnet, J.-P., Marianne-Pépin, T., Chout, R., Roussel, R., & Foucan, L. (2016). Gene polymorphisms of FABP2, ADIPOQ, and ANP and risk of hypertriglyceridemia and metabolic syndrome in Afro-Caribbeans. *PLoS ONE*, 11(9), e0163421. 10. A., Davis, T. M., Wiltshire, S., Knuiman, M., McQuillan, B. M., Palmer, L. J., Thompson, P. L., & Hung, J. (2013). A comprehensive investigation of variants in genes encoding adiponectin (ADIPOQ) and its receptors (ADIPOR1/R2), and their association with serum adiponectin, type 2 diabetes, insulin resistance, and the metabolic syndrome. *BMC Medical Genetics*, 14, 15. 11. Yanai, H., & Yoshida, H. (2019). Beneficial effects of adiponectin on glucose and lipid metabolism and atherosclerotic progression: Mechanisms and perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(5), 1190. 12. Stern, J. H., Rutkowski, J. M., & Scherer, P. E. (2016). Adiponectin, leptin, and fatty acids in the maintenance of metabolic homeostasis through adipose tissue crosstalk. *Cell Metabolism*, 23(5), 770–784. 13. Scotece, M., Conde, J., López, V., Lago, F., Pino, J., Gómez-Reino, J. J., & Gualillo, O. (2014). Adiponectin and leptin: New targets in inflammation. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 114(1), 97–102. 14. Fang, H., & Judd, R. L. (2018). Adiponectin regulation and function. *Comprehensive Physiology*, 8(3), 1031–1063. 15. Choi, H. M., Doss, H. M., & Kim, K. S. (2020). Multifaceted physiological roles of adiponectin in inflammation and diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4), 1219.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПИТНОЇ ВОДИ: ПИТИ ЧИ НЕ ПИТИ?

Опара Н.М. (м. Полтава)

Хоча близько 70% поверхні Землі вкрито водою, лише 30% з неї придатні для пиття. За прогнозами Організації Об'єднаних Націй (ООН), до 2030 року попит на прісну воду у світі може перевищити її доступні ресурси на 40% – це зумовлено зростанням населення та змінами клімату. Уже сьогодні деякі міста опинилися під загрозою дефіциту питної води. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) повідомляє про високу смертність, спричинену забрудненням річок внаслідок сільськогосподарської діяльності.

Україна належить до країн із низькими запасами водних ресурсів, доступних для використання. Тому питання забезпечення питною водою вже давно стало актуальним. За оцінками фахівців, у маловодні роки на території

нашої держави формується лише 52,4 км³ річного стоку. Це означає, що на одного мешканця припадає приблизно 1 тис. м³.

Слід усвідомлювати, що вода для пиття – цінний ресурс, який потребує ощадливого використання та системного підходу. Хоч ситуація в Україні не є критичною, існують серйозні виклики. Насамперед це забруднення річок промисловими та аграрними відходами, застаріла інфраструктура для очищення і транспортування. Для вирішення цих проблем потрібні масштабні інвестиції та комплексні рішення. Проте без перегляду тарифної політики реалізувати ці зміни буде складно.

Проблема дефіциту чистої питної води залишається надзвичайно актуальною. Вона змушує людей вдаватися до використання сумнівних джерел, що можуть становити загрозу для здоров'я. Споживання забрудненої води погіршує якість життя, сприяє поширенню захворювань і навіть може призвести до летальних наслідків. За даними Державної екологічної інспекції, Державного агентства водних ресурсів України, Інституту Горшеніна та Представництва Фонду ім.Фрідріха Єберта, нестача питної води входить до переліку найгостріших екологічних викликів поряд із проблемами відходів та забрудненням повітря.

Водозабезпечення в Україні визнане незадовільним. Його рівень залежить від наявності морських та підземних вод, а також обсягів річкового стоку. Загальний потенціал річкового стоку становить 209,8 км³, з яких середній обсяг місцевого – 52,4 км³, а надходження з-за меж країни – 157,4 км³.

В Україні характерною рисою є недовіра до якості водопровідної води, яка нерідко має запах хлору або незвичне забарвлення. На відміну від більшості європейських міст, у нас це спонукає людей купувати бутильовану воду або встановлювати фільтраційні системи у квартирах. Близько 80% міст користуються водою з річок. Водночас у таких населених пунктах, як Львів, Суми, Тернопіль і Чернігів, використовують підземні джерела, що забезпечує

вищу якість. Незалежно від джерела, усі водоканали зобов'язані постачати воду, яка відповідає санітарним нормам і є безпечною для вживання.

За даними Waternet, найвищу якість водопровідної води зафіксовано у Волинській області, де переважає використання підземних джерел. Найнижчий показник — у Дніпропетровській області, де спостерігається перевищення допустимих норм марганцю.

Більшість водопровідних систем в українських містах збудовані ще в радянський період, тому вода може змінювати колір або запах уже під час транспортування. Водоканали відповідають лише за якість холодної води, що надходить до житлових будинків, а також обслуговують централізовану мережу водопостачання. Гаряча вода повинна проходити додаткову стадію очищення. Проте обладнання, на якому здійснюється цей процес, часто є морально й технічно застарілим. Після аварійної зупинки водопостачання перша порція води нерідко має рудуватий відтінок. Це спричинено тим, що труби, контактуючи з повітрям, вкриваються іржею. У старих мережах можуть також накопичуватись залишки хімічних речовин. При кип'ятінні водопровідної води часто утворюється осад, що свідчить про наявність домішок.

Контроль якості та безпечності води здійснюється за мікробіологічними, органолептичними, радіологічними, санітарно-токсикологічними й фізико-хімічними показниками. Загалом по країні відсоток проб, що не відповідають стандартам, становить від 0,3 до 1%.

Головна проблема більшості міст — зношена система водопостачання. В середньому по Україні знос трубопроводів сягає близько 70%. За останні 28 років капітальні ремонти таких мереж майже не проводилися. Інфраструктура старішає швидше, ніж її вдається оновлювати. Ще одна причина низької якості питної води — застарілі внутрішньобудинкові мережі. Вони перебувають у власності мешканців, а за їхній стан відповідають ОСББ або ЖЕО. Трубопровід у квартирах — зона відповідальності власників житла. Відтак якість води з-під

крана значною мірою залежить від технічного стану всієї внутрішньої системи. У деяких будинках ці комунікації не оновлювалися з часу зведення. Термін експлуатації металевих труб становить до 25 років, чавунних і полімерних – понад 50.

До основних забруднювачів води відносять:

- гірничорудну промисловість;
- комунально-побутові стоки;
- нафтопереробні комбінати;
- хімічні комбінати;
- целюлозно-паперові комбінати.

Способи очищення води залежать від її органічного та хімічного складу. Наприклад, у Хельсінкі, столиці Фінляндії, питну воду беруть з місцевого озера. На очисних спорудах воду обробляють сульфатом заліза для знешкодження органічних речовин, потім фільтрують через пісочний фільтр. Далі воду дезінфікують озоном та вуглекислим газом. Остання стадія очищення включає знезараження активованим вугіллям і ультрафіолетом. Для запобігання розмноженню мікроорганізмів у трубопроводі до води додають хлорамін. Завдяки цьому, мешканці можуть безпечно пити воду з-під крана, яка є безпечною навіть для дітей.

Для очищення підземної води використовують два основні способи: денітрифікацію (видалення нітритів) та знезалізування. У випадку з річковою водою, очищення здійснюється за допомогою дезінфектантів та коагулянтів. Останнім часом для очищення води також застосовують перманганат натрію (особливо в річках з ускладненою біологією води) і глибоку фільтрацію. Глибина очищення води безпосередньо впливає на її кінцеву вартість. Проте всі водоканали країни зобов'язані подавати воду, що відповідає санітарно-гігієнічним вимогам.

Уся вода перед подачею в мережу проходить хлорування. Річкову воду обробляють двічі: спочатку – після забору, щоб усунути органічні забруднення, а потім – безпосередньо перед подачею у водопровід, щоб запобігти вторинному забрудненню. Воду з підземних джерел хлорують лише перед подачею в мережу.

Поширена думка про шкідливість хлорованої води є помилковою. Насправді вона безпечна і захищає від небезпечних збудників, зокрема стафілокока чи холери. Перед подачею до споживачів вода обов'язково проходить дезінфекцію. Найпоширенішими методами в Україні є використання гіпохлориту натрію та рідкого хлору. Гіпохлорит дозволяє уникнути залежності від рідкого хлору, діє м'якше, але застосовується здебільшого для глибокого очищення. Водночас рідкий хлор залишається одним із найдоступніших і найефективніших дезінфектантів, широко використовуваних також у США та Європі.

Дві третини мешканців України споживають воду з Дніпра та Десни – річок, які забруднені промисловими відходами ще з радянських часів. Очисні споруди не завжди здатні повністю усунути ці забруднення. Особливо складна ситуація з питною водою у східних регіонах країни, де зосереджено велику кількість промислових підприємств.

У багатьох країнах світу проблема нестачі чистої води також є критичною. В Індонезії через глобальне потепління виникає загроза затоплення водоносних горизонтів морською водою. У Каїрі 97% населення споживає воду з Нілу, що робить місто вразливим до будь-яких змін у стані річки. У Сан-Паулу (Бразилія), де проживає понад 20 мільйонів людей, у 2014–2017 роках через аномальну спеку запаси води скоротилися до 15%. У відповідь водопостачання обмежили до 20 днів на місяць, а розподіл води контролювала поліція, щоб запобігти крадіжкам.

Серед основних рішень у боротьбі з нестачею води – будівництво акведуків, гребель і водосховищ, збереження ресурсів, збір дощової води, опріснення морської води та повторне використання очищеної.

Серед заходів, які можуть запобігти забрудненню води фахівці рекомендують наступні:

I. Зміна звичок по веденню домашнього господарства:

- Використання мінімальної кількості хімічних засобів при прибиранні будинку. Перевагу надавати оцту і питній соді.
- Правильна утилізація відходів. В каналізацію ніколи неможна зливати: аміак; моторне масло; очищувачі; розчинники; хімікати для басейну; фарби.
- Не змивати у каналізацію медичні препарати. По можливості, здавати їх в мобільні пункти прийому – «Екомобілі».
- Не змивати у каналізацію сміття (наприклад: пластикові аплікатори від гігієнічних жіночих тампонів, вологі серветки, памперси).
- Економте якомога більше води. Вимикайте крани, коли Ви не користуєтесь водою (наприклад, під час чищення зубів).
- Мешканці приватних будинків не заливайте галявину. В дощові дні рекомендовано вимикати автополив.
- Мешканцям приватних будинків і власникам присадибних ділянок рекомендовано поливати огорог до сходу сонця, або вже після його заходу, з метою уникнення випаровування, яке в свою чергу призводить до нераціонального використання води.
- Не використовуйте пластик. Всім відомо про сміття, що накопичилося в тихому океані і носить назву Великої тихоокеанської сміттевої плями (Східного сміттевого континенту, Тихоокеанського «мусоровороту»).

II. Підтримання присадибних ділянок екологічно чистими.

- Бажано не використовувати гербіциди і пестициди.

- Бажано змінювати бетонні покриття на газони.
- Попереджайте ерозію ґрунту.
- Збирайте і компостуйте садові відходи.
- Слідкуйте за станом Вашого транспортного засобу.

III. Поширення Ваших особистих ідей і досягнень.

- Будьте активними в навчальних закладах або на робочих місцях.
- Беріть участь у прибиранні сміття навколо водойм (особливо природнього походження).
- Якомога більше ведіть розмови про проблеми забруднення води у Вашому регіоні публічно.

Список використаних джерел:

1. Інформаційний ресурс: <https://surli.cc/smzuhs>. 2. Інформаційний ресурс: <https://life.pravda.com.ua/health/2010/08/04/56595/>. 3. Інформаційний ресурс: <https://surli.cc/jrtuxh>

ХІМІЧНИЙ СКЛАД АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ПОЛТАВИ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ Й ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

Івченко М. М., Шинкаренко В.І. (м. Полтава)

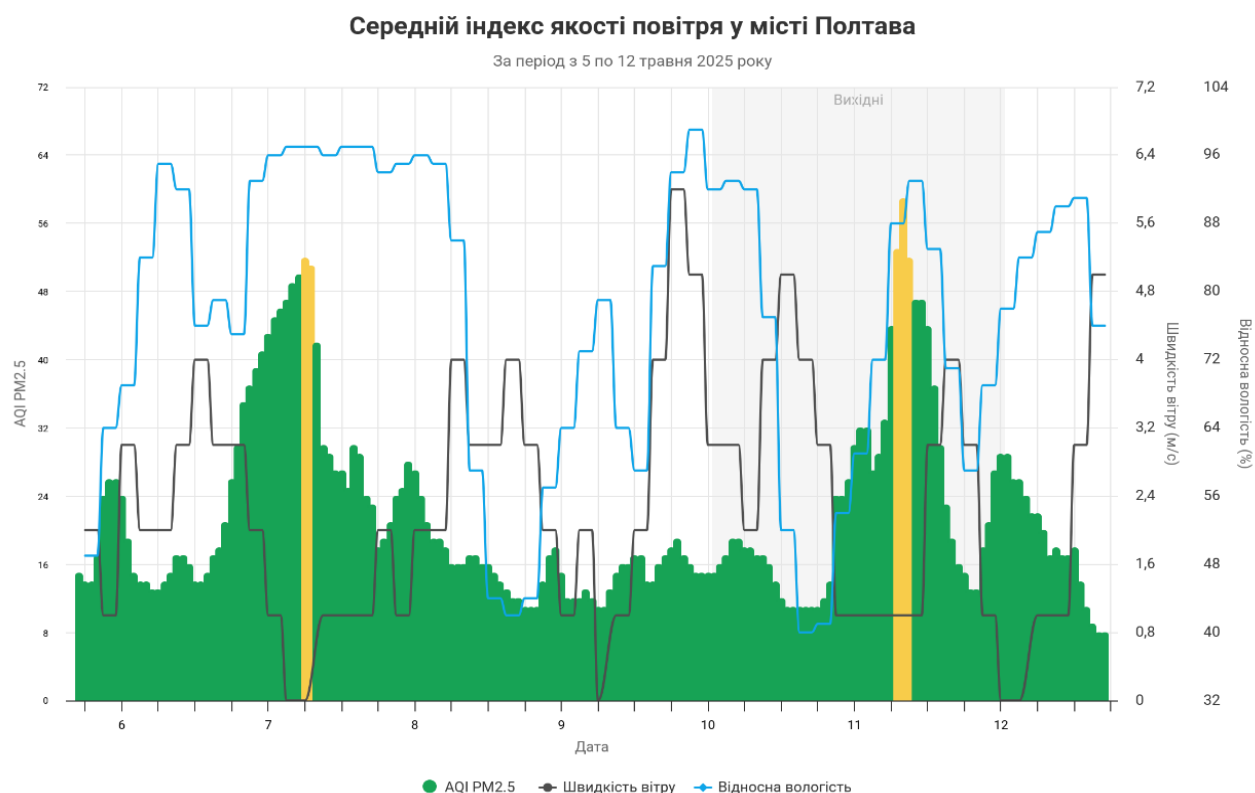
Стан атмосферного повітря є одним із ключових показників екологічної безпеки населених пунктів і безпосередньо впливає на здоров'я людей. У контексті урбанізації, інтенсивного транспортного руху та розвитку промисловості, міста України, зокрема Полтава, стикаються з проблемою зростаючого рівня забруднення атмосферного повітря. Відомо, що вміст хімічних речовин у повітряному середовищі може викликати різноманітні порушення в організмі людини, серед яких – респіраторні, алергічні та серцево-судинні захворювання.

Дослідження хімічного складу атмосферного повітря міста Полтави дозволяє виявити домінуючі забруднювачі, оцінити рівень антропогенного

навантаження та спрогнозувати потенційні ризики для здоров'я населення. Важливим є також розуміння взаємозв'язку між концентраціями шкідливих речовин та факторами навколишнього середовища з метою розробки ефективних заходів з охорони довкілля та профілактики захворювань.

Оцінка хімічного складу атмосферного повітря в місті Полтава проводилась на основі аналізу даних екологічного моніторингу, здійснюваного Державною екологічною інспекцією та іншими організаціями. Особливу увагу було приділено вмісту таких шкідливих речовин, як діоксид сірки (SO_2), діоксид азоту (NO_2), оксид вуглецю (CO), пил (PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$), формальдегід, аміак, бензапірен та важкі метали (свинець, кадмій, ртуть).

Згідно з результатами досліджень, найвищі концентрації забруднювачів фіксуються в центральних районах міста та поблизу транспортних розв'язок. Переважна частка викидів належить автомобільному транспорту, який є основним джерелом діоксиду азоту та оксиду вуглецю. Крім того, в районі підприємств енергетики та будівельної промисловості спостерігається підвищений вміст пилу та сірководню [1].



Середнє арифметичне значення індексу якості атмосферного повітря за формулою NowCast (US EPA) для дрібнодисперсного пилу фракції PM_{2.5}. Дані швидкості вітру: Український гідрометеорологічний центр.

Рис. 1. Середній індекс якості повітря у місті Полтава за період з 05.05.2025 – 12.05.2025 р.

У деякі періоди року (зокрема взимку) рівень дрібнодисперсного пилу PM_{2.5} перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК), що створює серйозні ризики для здоров'я [2].

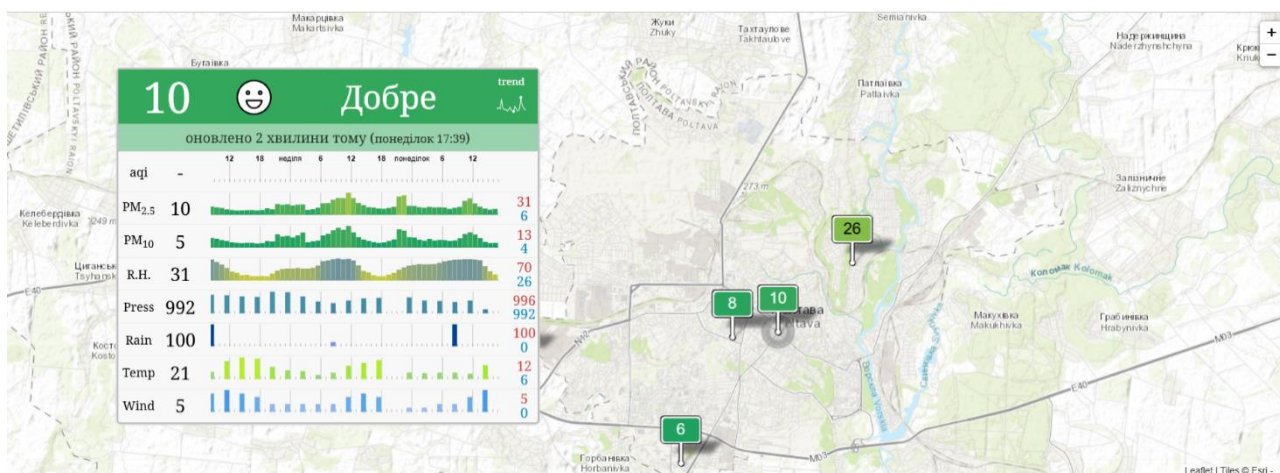


Рис. 2. Забруднення повітря в Street Yevropeiska, 21, Poltava, Ukraine. 12.05.2025

Медико-екологічні дослідження засвідчують прямий зв'язок між рівнем забруднення повітря та зростанням захворюваності серед населення Полтави. У першу чергу це стосується захворювань органів дихання (бронхіт, астма), серцево-судинної системи, алергічних реакцій та онкологічних патологій. Дітей і людей похилого віку відносять до найбільш уразливих груп населення.

Згідно з даними департаменту охорони здоров'я, в районах із підвищеним рівнем NO₂ та пилу частіше фіксуються випадки хронічного бронхіту, ГРВІ та інших респіраторних захворювань.

З метою зменшення рівня забруднення повітря доцільним є впровадження наступних заходів:

- розвиток системи громадського транспорту з низьким рівнем викидів;
- контроль викидів промислових підприємств;
- озеленення міських територій;
- підвищення екологічної грамотності населення, особливо молоді.

Інтеграція хімічного, екологічного та освітнього підходів є необхідною умовою для формування стійкої екологічної політики в місті.

Проведений аналіз засвідчив, що атмосферне повітря міста Полтави містить ряд хімічних забруднювачів, концентрації яких у певні періоди року перевищують гранично допустимі норми. Основними джерелами забруднення є автотранспорт, промислові підприємства та сезонні фактори, зокрема зниження температури, що сприяє накопиченню шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери [3].

Виявлений хімічний склад атмосферного повітря має прямий вплив на стан здоров'я населення: спостерігається зростання захворюваності на респіраторні, алергічні та серцево-судинні хвороби, особливо серед дітей і літніх людей. Отримані результати підкреслюють необхідність системного моніторингу якості повітря, впровадження ефективних заходів зменшення викидів та активізації просвітницької роботи серед населення щодо збереження довкілля.

Розв'язання проблеми забруднення атмосферного повітря можливе лише за умови міждисциплінарного підходу, що поєднує хімічні, екологічні та освітні заходи на всіх рівнях управління.

Список використаних джерел:

1. SaveEcoBot Якість повітря у місті Полтава URL: <https://www.saveecobot.com/maps/poltava> (дата звернення 12.05.2025 р.).
2. Візуальна карта індексу якості повітря в реальному часі URL: <https://aqicn.org/station/ukraine-poltava-21-street-yevropeiska/uk/> (дата звернення 12.05.2025 р.).
3. Івченко М. М. Аналіз якості атмосферного повітря Полтавської громади: результати вимірювань у визначених точках відбору XVIII Полтавські хімічні читання: Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції, (Полтава, 12 – 13 березня 2025 р.) С. 27-29.

МЕТОДИ ТА МЕХАНІЗМИ ІММОБІЛІЗАЦІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ НА БІОЧАРІ З РИСОВОЇ ЛУЗГИ

Крусір Г.В., Купріяшкіна О.В. (м. Одеса)

Мікроорганізми мають здатність розкладати або видаляти різні забруднювачі за допомогою різних механізмів під час процесів біоремедіації. Однак мікробна біоремедіація з використанням вільних клітин має деякі обмеження, такі як: а) високі концентрації забруднювачів можуть бути токсичними для мікроорганізмів; б) конкуренція з місцевою мікробіотою; в) дефіцит поживних речовин у забрудненому середовищі; г) виживання і розмноження мікроорганізмів серед інших.

Для подолання цих недоліків мікроорганізми можуть бути іммобілізовані в різних твердих матрицях, таких як полівініловий спирт, кремнезем, діатоміт, бентоніт, альгінат, наночастинки, цеоліт, біологічне вугілля, а саме рисове лушпиння, яке забезпечує більш операційну стабільність процесу, покращуючи здатність до відновлення та повторного використання мікроорганізмів-матеріалів.

Біочар (біовугілля) з рисового лушпиння, багатий на вуглець і високостабільний матеріал, отриманий в результаті піролізу різних видів біомаси, виділяється як перспективний матеріал-носіє для мікроорганізмів. Біовугілля має виняткові властивості, які роблять його дуже вигідним

матеріалом для іммобілізації. Його властивості (наприклад, питома поверхня, загальний об'єм пор, дзета-потенціал та функціональні групи) забезпечують ідеальне середовище існування для мікроорганізмів, захищаючи їх від екологічного стресу та сприяючи їх повільнішому та більш контрольованому вивільненню в середовищі, наприклад нафтовмісні води.

Іммобілізація мікроорганізмів на біологічному вугіллі з рисового лушпиння може ефективно вирішити проблему насиченої адсорбції та вивільнення забруднюючих речовин, що покращує повторне використання біомаси.

Мікроорганізми можна іммобілізувати, помістивши їх у матеріали-носії, що може підвищити їхню ефективність у біоремедіації за рахунок зниження чутливості до токсичних сполук і несприятливих умов (наприклад, рН і температури), забезпечуючи стабільність мікробних клітин.

Методи іммобілізації мікроорганізмів і пристосування до конкретних цілей різноманітні. Ці цілі можуть включати вивчення мікроорганізмів без втручання живильного середовища, практичне застосування на промислових підприємствах або дослідження біоремедіації, що вимагають адаптації мікроорганізмів для використання в забрудненому середовищі.

Метод іммобілізації бактерій на біологічному вугіллі (метод 1) передбачає культивування бактерій у стерильному стандартному середовищі з біологічним вугіллям. Потім це поживне середовище, що містить бактерії та біопаливо, витримують при перемішуванні та постійній температурі протягом певного періоду часу.

У другому методі іммобілізації (метод 2) фізична адсорбція мікроорганізмів досягається за допомогою ретельно проведеного процесу. Культивування бактерій починається у стандартному середовищі, потім відокремлюють клітини і додають їх у солону воду, де вони залишаються життєздатними, але не розмножуються. Потім до солоної води додають

біопаливо, і суміш перемішують при постійній температурі до досягнення балансу фізичної адсорбції та іммобілізації.

Інші автори застосовували подібний підхід, культивуючи бактерії до досягнення певної концентрації клітин, виміряної за оптичною щільністю при довжині хвилі 600 нм, перед внесенням стерильного біопалива для адсорбції, росту та іммобілізації. Цей метод, названий Методом 3, був використаний Nie та ін. (2021) і Tu та ін. (2020), серед інших.

Вважається, що процес іммобілізації, який передбачає зв'язування бактерій з біопаливом, відбувається у два етапи: адсорбція та формування біоплівки. Дослідження показали, що початкова фіксація мікроорганізмів на біопаливі відбувається переважно за рахунок фізичної адсорбції та електростатичного притягання. Електростатичне притягання виникає внаслідок слабкої взаємодії між органічними молекулами та кисневмісними функціональними групами на поверхні біопалива, тоді як фізична адсорбція відбувається завдяки силам Ван-дер-Ваальса та водневим зв'язкам між мікроорганізмом і біопаливом.

Це розуміння самого механізму взаємодії мікроорганізмів з біочаром, що лежать в основі іммобілізації, і можуть мати значення для розвитку нових біотехнологій. Сприятливі характеристики іммобілізації біопалива залежать від методів піролізу, сировини та властивостей біопалива, таких як площа поверхні, розмір пор, рН, дзета-потенціал, гідрофобність, функціональні групи та поживні речовини. Для перевірки ефективності іммобілізації бактерій зазвичай використовують растровий електронний мікроскоп (РЕМ) і колонієутворюючі одиниці (КУО). Таким чином, ця нова технологія є багатообіцяючим рішенням для екологічних цілей. Однак, важливо оцінити потенційний негативний вплив на місцеву мікробіоту при введенні екзогенних мікроорганізмів.

Список використаних джерел:

1. Bonaterra, A., Badosa, E., Daranas, N., Franc'es, J., Rosello, ' G., Montesinos, E., 2022. Bacteria as biological control agents of plant diseases. *Microorganisms* 10 (9), 1759; 2. Zhu, X., Li, X., Shen, B., Zhang, Z., Wang, J., Shang, X., 2022. Bioremediation of leadcontaminated soil by inorganic phosphate-solubilizing bacteria immobilized on biochar. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 237; 3.

Khasheii, B., Mahmoodi, P., Mohammadzadeh, A., 2021. Siderophores: Importance in bacterial pathogenesis and applications in medicine and industry. Microbiol Res 250.

ДОРОЖНЕ ПОКРИТТЯ З ВІДХОДІВ ПЛАСТИКУ – ІННОВАЦІЙНИЙ СПОСІБ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ

Купріяшкіна О.В. (м. Одеса)

Угрин О.П., Купріяшкін С.А. (м.Чорноморськ)

Забруднення пластиком стало однією з найактуальніших глобальних екологічних проблем. З моменту зародження індустрія почала розвиватися, щорічне світове виробництво пластику зросло з 1,5 мільйона метричних тонн у 1950 році до майже 380 мільярдів метричних тонн сьогодні. Світове виробництво пластику досягло 8,3 мільярда метричних тонн щорічно, з яких лише до 2,5 мільярда метричних тонн використовується, оскільки більшість пластмас використовується лише один раз і одразу ж викидається, як правило, на звалища. Майже десятки тисяч звалищ, заповнених пластиковими відходами, розташовані по всьому світу. Пластик фільтрат, насичений токсичними хімікатами, просочується в ґрунтові води і тече вниз за течією в озера і річки, псує ґрунтові води.

Пластик отруює наш харчовий ланцюг. Живі організми, тварини і рослини їдять мікропластик або поглинають його токсини. Хімічні речовини, вимиті пластиком, потрапляють у кров та тканинах майже кожного з нас. Їх вплив пов'язаний з раковими захворюваннями, вродженими дефектами, ослабленим імунітетом, ендокринними порушеннями та іншими погіршеннями здоров'я людини.

Сьогодні чимало зусиль докладено, щоб довести доцільність використання пластикових відходів в асфальті. Наукові дослідження підтверджують, що це може допомогти практикам досягти якісного квантового стрибка в управлінні переробкою пластмас і, як наслідок, допомогти представити на ринку

перероблені пластикові вироби з конкурентоспроможну продукцію з переробленого пластику на ринку. Переробка пластикових відходів в асфальтобетонному покритті забезпечує різні екологічні, технічні та економічні переваги.

Загалом, з точки зору екологічних та економічних переваг, переробка пластикових відходів в асфальтобетонному покритті зменшує обсяг ТПВ і це дасть можливість вирішити проблему стихійних звалищ та засмічення земної поверхні в Україні. При цьому полімер-модифікована асфальтобетонна суміш є відносно дорогою суміш для укладання доріг. Тому однією зі стратегій здешевлення таких конструкцій та підвищення їхньої зручності є використання недорогих полімерів, тобто пластикових відходів.

Що стосується технічних переваг, то пластикові відходи були використані для модифікації асфальтового в'язучого (бітуму) з метою покращення експлуатаційних характеристик асфальтобетонних сумішей, таких як термостійкість та кінетика деградації асфальту, стійкість асфальтобетонного покриття до постійних деформацій, жорсткість та еластичність; зменшення їх температурної чутливості; та подовження втомної довговічності.

Що стосується фінансових недоліків, то початкове виробництво асфальтобетонних сумішей з пластиковими відходами може потребувати додаткового обладнання. Використання полімерних добавок збільшує вартість виробництва, що частково компенсується мінімальними вимогами до асфальтобетонних сумішей в конструкціях дорожнього покриття.

Покращити експлуатаційні характеристики асфальтобетонної суміші за рахунок додавання пластикових відходів залежить від типу пластику та кліматичних умов, в яких використовується асфальтобетонна суміш. Крім того, рідка нафта, що утворюється в результаті піролізу пластикових відходів містить домішки, такі як сірка, хлор, тверді залишки, волога та кислоти, що обмежує його застосування в асфальті.

Оскільки пластмаси повсюдно використовуються у світовій економіці, вони є останніми в матеріалів, що привертають до себе увагу. Низький рівень регенерації матеріалів та вплив на навколишнє середовище сучасних методів утилізації ставлять під загрозу переробку пластику.

Отже, переробка пластикових відходів в асфальтобетонне покриття є інноваційним підходом до зменшення впливу на навколишнє середовище та на виснаження природних ресурсів. У багатьох дослідженнях пропонується переробляти пластикові відходи в асфальтобетонне покриття за допомогою сухих і мокрих технологій. Таким чином маємо на меті за допомогою проведених досліджень всебічно оцінити можливість застосування різних перероблених пластмас в асфальтобетонному покритті з огляду на такі властивості, як сумісність, зберігання стабільності, мікроструктури, термореології та механічних характеристик, а також визначити виклики та рекомендації на майбутнє.

Список використаних джерел:

1. Duhan SS, Khyalia P, Laura JS. Plastic waste management in rural areas around the world. Plastic waste management: turning challenges into opportunities. 2022. p. 99–106.; 2. PlasticRoad – <https://www.plasticroad.eu/>; 3. Goli A, Rout B, Cyril T, Govindaraj V. Evaluation of mechanical characteristics and plastic coating efficiency in plastic-modified asphalt mixes. Int J Pavement Res Technol. 2022;16:1–12.; 4. Технічний стан автомобільних доріг загального користування - <https://mtu.gov.ua/content/tehnichniy-stan-avtomobilnih-dorig-avtomobilnih-dorigzagalnogo-vikoristannya.html>; 5. Опис до патенту на корисну модель UA 137016.

СЕКЦІЯ ІІІ

ПРОБЛЕМИ ФАХОВОЇ ТА МЕТОДИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ З ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ У ЗВО

МОДЕЛЬНІ ОБ'ЄКТИ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З КУЛЬТУРИ РОСЛИННИХ КЛІТИН, ТКАНИН ТА ОРГАНІВ *IN VITRO*

Білинська О.В. (м. Харків)

В історії біології є чимало прикладів, коли вибір об'єкта досліджень відігравав вирішальну роль у забезпеченні успіху експерименту. Варто пригадати класичні досліди Г. Менделя із встановлення закономірностей успадкування ознак у гібридних поколіннях. Саме вибір як модельної рослини гороху, якому притаманне самозапилення, різноманіття за контрастними морфологічними ознаками і стабільність їх прояву при розмноженні, дозволили сформулювати основоположні для генетики закони спадковості і мінливості. [1].

Становлення і розвиток культури *in vitro* рослинних клітин, тканин та органів також відбувалися із використанням певних рослинних об'єктів. Так, основні методичні підходи і теоретичні положення у цій царині біологічної науки було розроблено на представниках родини пасльонових (*Solanaceae*) [2]. Удосконалення методів і з'ясування особливостей реакції на культивування *in vitro* різних експлантів дозволяло поступово розширювати перелік видів рослин, у яких було досягнуто повної реалізації морфогенетичної програми у штучних умовах - від клітини до організму.

Яскравою ілюстрацією динаміки зростання видового різноманіття об'єктів біотехнологічних досліджень є історія відкриття і практичного використання явища пилкового ембріогенезу у культурі пиляків *in vitro* - основи ефективного методу одержання гаплоїдів і константних гомозиготних ліній. Зокрема, у 1964

р. індійські ембріологи S. Guha та C. Mageshwari за культивування на живильному середовищі пиляків *Datura stramonium* L. виявили відхилення у розвитку мікроспор від нормального гаметофітного шляху і формування структур подібних до зиготичних зародків, здатних до регенерації рослин [3]. А вже наприкінці 90-х років гаплоїди мікроспоріального походження було одержано у 250 видів рослин, включно з такими важливими сільськогосподарськими культурами, як рис, пшениця та ячмінь [4].

З огляду на велике економічне значення, саме перелічені вище культури, а також ріпак у наступні два десятиріччя були об'єктом інтенсивних досліджень у галузі експериментального андрогенезу *in vitro*, результатом яких стала розробка технологій масового одержання гаплоїдів і вагомі практичні результати. За даними на 2003 р. у світі за допомогою методів експериментальної гаплоїдії (елімінація хромосом при віддаленій гібридизації, культура пиляків та ізолюваних мікроспор) було створено більше 200 сортів 11 сільськогосподарських культур, серед яких 101 сорт ячменю, 50 сортів ріпаку і 21 сорт пшениці [5]. А вже через 10 років повідомлялося про створення 290 сортів різних культур. До того ж зазначалося, що кожний другий сорт ячменю, який вирощується в Європі, є похідним від гаплоїда. У Німеччині 90 % ліній ріпаку для гетерозисної селекції було створено на основі гаплоїдів, одержаних у культурі пиляків або ізолюваних мікроспор [6, 7].

Як видно з наведених кількісних характеристик результативності застосування методів гаплоїдії, найбільш вагомими є досягнення з гаплоїдної селекції ячменю та ріпаку, що пов'язано з їхньою найбільшою чутливістю до культивування *in vitro*. То ж не дивно, що саме ячмінь і ріпак набули статусу модельних видів для проведення фундаментальних і прикладних досліджень у галузі культури пиляків та ізолюваних мікроспор *in vitro* [8].

За результатами численних досліджень з вивчення генотипних особливостей одержання андрогенних гаплоїдів ячменю і ріпаку було виділено

кілька генотипів (сортів і ліній) з високою гаплопродукційною здатністю. Зокрема, у ячменю таким генотипом виявився німецький сорт озимого ячменю Igrі, який і дотепер демонструє найвищу серед досліджених будь-коли зразків ячменю здатність до утворення андрогенних гаплоїдів і залишається еталонним зразком за цією ознакою [9, 10]. У ріпаку таким генотипом є сорт Toraz [11].

Варто зазначити, що ріпак і ячмінь вирізняються поміж інших видів не лише гаплопродукційною здатністю, але й мають різний тип морфогенезу *in vitro*. Зокрема, у культурі пиляків та ізольованих мікроспор ячменю відмічено калюсогенез, органогенез, прямий і непрямий ембріодогенез. Натомість регенерація у ріпаку у згаданих експериментальних системах відбувається переважно шляхом прямого ембріодогенезу [8]. Зважаючи на високу культурабельність і відмінності у реалізації морфогенетичних програм, індукованих *in vitro*, ріпак і ячмінь можна розглядати як модельні генотипи для розробки практичних занять для студентів-біотехнологів. При цьому у нагоді може стати досвід, накопичений в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН у ході виконання науково-дослідних робіт із розробки та удосконалення технологій гаплоїдної індукції у ячменю і ріпаку, а також деяких допоміжних методичних підходів.

Детальний опис принципів організації біотехнологічної лабораторії і технологічну схему одержання гаплоїдів ячменю у культурі пиляків *in vitro* наведено у методичних рекомендаціях [12], які є у відкритому доступі на сайті інституту (<https://yuriev.com.ua>), і у публікаціях, бібліографічний опис яких міститься у цьому виданні. Що стосується рослинного матеріалу, то за результатами багаторічних досліджень з оцінювання здатності до андрогенезу *in vitro* сортів і ліній ярого ячменю, озимого та ярого ріпаку виділено високочутливі генотипи, які є придатними не лише для опанування методів одержання асептичної культури пиляків та інших експлантів, техніки

експлантування, а й для ознайомлення з особливостями морфогенезу і проведення спостережень та обліків.

Як модельний генотип для проведення лабораторних робіт з культури пиляків *in vitro* пропонується лінія ярого ячменю DH00-126 андрогенного походження, одержана нами на основі гібрида F₁ сортів Харківський 74 × Екзотик, яка характеризується трансгресивним успадкуванням здатності до продукування гаплоїдів [13]. Зокрема цьому генотипу притаманні висока частота прямого і непрямого ембріоїдогенезу, а також регенерації рослин (рис. 1).

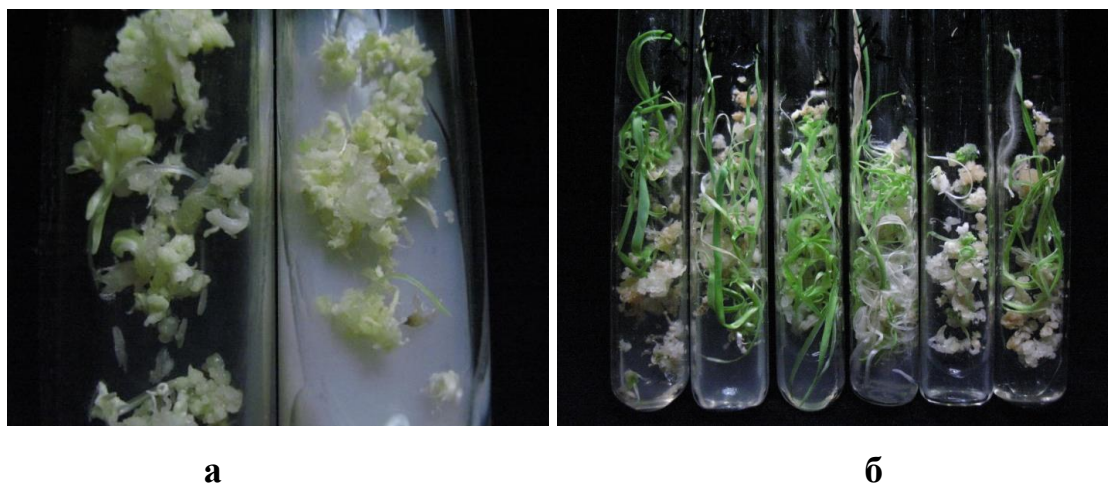
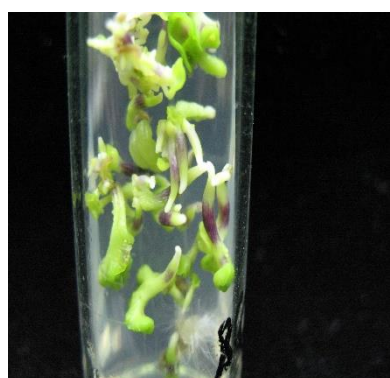


Рис. 1. Індукція морфогенних структур (а) та регенерація рослин (б) у культурі пиляків лінії ярого ячменю DH00-126

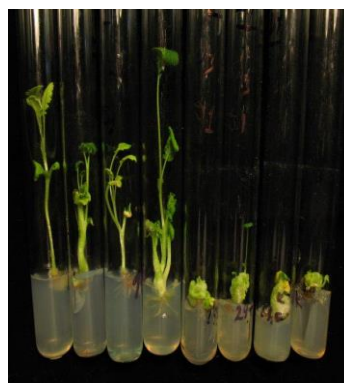
При оцінюванні гаплопродукційної спроможності DH00-126 у порівнянні з кращим світовим еталоном за цією ознакою – сортом Igri – було виявлено перевагу останнього генотипу, але показники як за кількістю морфогенних пиляків, так за і кількістю рослин-регенерантів були цілком співставними [14]. Але лінія DH00-126 як генотип з ярим типом розвитку має перевагу за часовими витратами на одержання рослинного матеріалу для маніпуляцій *in vitro*. Цю лінію впродовж 20 років було використано як еталон високої здатності до андрогенезу *in vitro* у дослідженнях з оцінювання прояву цієї ознаки у сортів вітчизняної та іноземної селекції і методичних експериментах з удосконалення технології одержання гаплоїдів. У кращому

дослідному варіанті (довготривала попередня обробка колосся та культивування пиляків на середовищі з хімічно модифікованим крохмалем Д5а-1) у цієї лінії вдалося одержати 145 нормально пігментованих рослин-регенерантів на 100 культивованих пиляків [15], що є максимальним показником в Україні та відповідає ефективності отримання андрогенних гаплоїдів ячменю у закордонних лабораторіях. Як модельні генотипи також можуть бути використані сорти української селекції Вакула та Модерн, які характеризуються відносно високою здатністю до андрогенезу *in vitro*. Залучення безостого сорту Модерн дозволяє спростити підготовку суцвіть для вилучення пиляків, а також одержання культури незрілих ізольованих зародків.

Дослідження з культивування пиляків ріпаку (озимого та ярого) було проведено у 2011–2015 рр. у значно меншому обсязі порівняно з дослідженнями з експериментального андрогенезу *in vitro* у ячменю. Це було пов'язано насамперед з дуже високими вимогами до умов вирощування рослин-донорів пиляків ріпаку [11], для створення яких були відсутні технічні можливості. Нами було обґрунтовано недоцільність проведення робіт з одержання гаплоїдів ріпаку за вирощування рослин-донорів-пиляків у відкритому ґрунті у весняно-літній період. За вирощування донорних рослин у теплиці в осінньо-зимовий період нам вдалося виділити сорт ярого ріпаку Аріон, у якого шляхом прямого ембріоїдогенезу (рис. 2) було одержано близько 60 ембріодів на 100 культивованих пиляків, здатних до проростання з утворенням рослин-регенерантів, що дозволяє вважати цей генотип еталоном високої здатності до андрогенезу *in vitro* у ріпаку [16].



а



б

Рис. 2. Прямий ембріоїдогенез (а) і регенерація (б) рослин у культурі пиляків *in vitro* сорту ярого ріпаку *Arion*

Ріпак є ідеальним модельним об'єктом для опанування методик клонального мікророзмноження та демонстрації на практичних заняттях шляхів морфогенезу, які можуть бути реалізовані в умовах *in vitro*. Для нас ці методики були важливими для запобігання втрат генотипів рослин-регенерантів, одержаних у культурі пиляків *in vitro*, на етапах подвоєння хромосом за допомогою коліцину та їх перенесення з умов *in vitro* у *ex vitro*. Але для навчальних цілей більш зручним є одержання первинних експлантів з насіння. Такими експлантами можуть бути, зокрема, одержані з асептично вирощених рослин живці або базальні частини сім'ядолей (рис. 3).



а



б

Рис. 3. Клональне мікророзмноження ріпаку шляхом прямого пагонового органогенезу у культурі сім'ядольних експлантів (а) та мікроживцювання на середовищах з агаром та хімічно модифікованим крохмалем Д5а-М (б)

І хоча у наших дослідженнях підтверджено наявність генотипних особливостей індукованого морфогенезу за використання цих експлантів, коло чутливих генотипів є значно ширшим, ніж для культури пиляків *in vitro* [17]. Окрім цього, роботи з клонального мікрозмноження проводять у контрольованих умовах впродовж усього періоду навчання. Культура шляхом пересадок тривалий час може підтримуватися у життєздатному стані. Морфогенез у цих експериментальних системах є наглядним, легко відтворюється, що дозволяє студентам одержати первинні навички роботи з культурою *in vitro* рослинних об'єктів.

Список використаних джерел:

1. Griffiths A. J.F. *Introduction to genetic analysis* 8-th edition. New York: W. H. Freeman & Company. 2004. 711 p.
2. Stewart C., Neal Jr. *Second edition*. New Jersey: Welly & Sons Inc., 2016. 406 p.
3. Guha S., Maheshwari S.C. *Nature*. 1964. V. 204. P. 497–498.
4. Prakash J., Giles K. *Int. Rev. Cytol.* 1987. V. 107. P. 273–292.
5. Thomas W.T.B. et al. *Dordrecht: Kluwer academic publishers*, 2003. P. 337 – 349.
6. Germanà M.A. *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 2011. V. 104, N 3. P. 283–300.
7. Asif M. / Ed. M. Asif. *Heidelberg. Springer International Publishing*, 2013. P. 55–70.
8. Maraschin S.F. et all. *J. Exp. Bot.* 2005. V. 56. P. 1711–1726.
9. Kasha K.J. et al. *Euphytica*. 2000. V. 120, N 3. P. 319–385.
10. GajECKa M. et al. *Plant Science*. 2020, V. 291. P. 1–13.
11. Custers J. B. M. *Dordrecht: Kluwer academic publishers*, 2003. P. 185–193.
12. Білинська О.В. *Методичні рекомендації*. Х.: ІР ім. В.Я. Юр'єва НААН, 2021. 42 с.
13. Belinskaya E.V. *Cytology and Genetics*. 2008. V. 42. P. 27–37.
14. Білинська О.В. *Вісник УТГіС*. 2007. Т. 5, № 1,2. С. 11–20.
15. Білинська О.В. *Зб. наук. праць. СГІ–НЦНС. Одеса: Астропринт*, 2016. С. 122–131.
16. Білинська О.В. *Фактори експер. евол. організмів*. К.: Логос, 2013. Т. 12. С. 190–194.
17. Білинська О.В., Сокольнікова Я.М. *Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології*. К.: Логос, 2012. Т. 4. С. 432–437.

ІННОВАЦІЙНІ ВИКЛАДАННЯ ХІМІЧНИХ ДИСЦИПЛІН В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Даценко В.В., Хоботова Е.Б. (м. Харків)

Воєнний стан і військові дії на значній території України значно вплинули на життя держави і суспільства, зокрема на процес реформування освітньої системи вищої освіти. Вища освіта зазнала значних втрат, зіштовхнувшись з непередбачуваними викликами, такими як повна або часткова руйнація вищих навчальних закладів (ВНЗ), щоденна загроза життю і здоров'ю учасників

освітнього процесу, загострення проблеми забезпечення стабільності діяльності університетів, а також скорочення державного бюджету на вищу освіту [1].

Усі ці фактори призвели до зниження якості освіти [2, 3]. Традиційні методи навчання у ВНЗ стали менш ефективними через обмеження, викликані воєнними діями. Через загрози безпеці мобільність студентів і викладачів обмежена, що ускладнює проведення занять у вищих закладах освіти. Крім того, нестача енергетичних ресурсів унеможливорює реалізацію навчання синхронними методами.

Сучасні реалії, які виникли в нашій державі, вказують на необхідність розробки інноваційних методів навчання у ВНЗ, що здатні адаптуватися до мінливих обставин воєнного часу і забезпечувати якісну освіту для студентів [4, 5].

В останній час спектр досліджень, що стосується використання дистанційного навчання та цифрових ресурсів для вирішення проблеми навчання хімічних дисциплін в умовах воєнного стану, значно розширюється. На сьогодні, як вважають вчені та педагоги країни, використання дистанційних технологій навчання є оптимальним інноваційним методом, який може вирішити проблеми забезпечення якісної освіти в Україні, спричинені війною. А саме, використання технологій дистанційного навчання сприяє особистісно орієнтованому підходу, що забезпечує максимальну індивідуалізацію навчання [5-10].

На сьогодні в Україні немає єдиного державного стандарту вищої освіти, який могли б використовувати ВНЗ для ефективного навчання студентів. Однак, незважаючи на виклики, які постали перед вищою освітою, багатьом закладам вищої освіти вдалося достатньо оперативно адаптуватися до умов війни.

У процесі організації відновлення освітнього процесу в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті (ХНАДУ) в умовах воєнного стану були враховані рекомендації, викладені в листі Міністерства освіти і науки України [10]. Освітній процес відновили за безпечних умов. Для

цього адміністрація університету ухвалила рішення про організацію освітнього процесу у дистанційній формі навчання (за погодженням з військово-цивільною адміністрацією).

Дисципліна «Хімія» у ХНАДУ, як і у більшості технічних ВНЗ, не є профільною, тому на її вивчення відводиться невелика кількість аудиторних годин. Наприклад, для спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» навчальним планом з хімії передбачено 180 аудиторних годин: лекції (16 годин), лабораторні та практичні заняття, контрольні роботи (16 годин), консультація та атестація у формі іспиту (30 годин) (рис. 1).



Рис. 1. *Схема вивчення дисципліни «Хімія»*

Викладачеві необхідно викласти навчальний матеріал в стислій і зрозумілій формі, зважаючи на невисокий вихідний рівень знань студентів з хімії. Для вирішення цього завдання при дистанційному навчанні основна увага приділяється використанню персональних комп'ютерних технологій, що забезпечують інтерактивну взаємодію між викладачем та студентом на різних етапах навчання.

Аналіз педагогічного досвіду кафедри хімії та хімічної технології ХНАДУ показав, що для організації та підтримки спілкування під час дистанційного навчання найзручніше використовувати такі інструментальні засоби: електронну пошту; месенджери Viber, Telegram та стрінки в соціальних мережах WhatsApp, Instagram, Facebook, YouTube; електронний конференц-зв'язок (Zoom або BigBlueButton); інтернет; Google-форми; онлайн-сервіси (Moodle). Ці засоби

комунікації застосовуються також для координації та встановлення зворотного зв'язку між учасниками процесу навчання.

Для організації та проведення дистанційного навчання в університеті викладачі використовують платформу «MOODLE». «MOODLE» (модульне об'єктно-орієнтоване динамічне навчальне середовище). Електронна навчальна платформа «MOODLE» є потужною та гнучкою платформою для підтримки як дистанційного, так і офлайн-навчання. Вона надає можливості для зберігання матеріалів, взаємодії між учасниками навчального процесу та організації різних видів оцінювання. На кафедрі хімії та хімічних технологій ХНАДУ ця платформа, використовується для проведення лекцій та лабораторних робіт, тестів, забезпечує доступ до навчальних-методичних матеріалів, а також використовується для комунікації між викладачами та студентами навіть в умовах офлайн-формату, що підвищує ефективність навчального процесу.

Дистанційний курс з навчання дисципліни «Хімія» поділено на відповідні теми. Структура кожної теми має основні компоненти: лекція, лабораторна робота, тест, контрольна робота.

Для проведення лекцій, лабораторних робіт викладачі кафедри використовували насамперед Big Blue Button, що є скриптом вебінарної кімнати на сервері ХНАДУ. Студенти, зайшовши за посиланням в розкладі МКР (МКР – це програмний комплекс "Автоматизована система управління навчальним закладом"), онлайн слухають викладача, який читає лекцію з демонстрацією презентації, а також мають можливість ставити запитання в чаті. Також, відбувається запис трансляції проведення заняття, що дає змогу надалі переглянути в будь-який час відео. Деякі викладачі проводять заняття за допомогою Zoom. Але той факт, що Zoom платний продукт, обмежує його використання, і більшість викладачів перейшли до викладання навчального матеріалу на платформі «MOODLE».

Під час вивчення природничо-наукових дисциплін, зокрема, хімії, практика не може зводитися тільки до самостійного розв'язування задач і складання рівнянь хімічних реакцій за кожною темою. У зв'язку з цим було ухвалено рішення про проведення демонстраційних лабораторних робіт у вигляді роликів з відеохостингу YouTube з подальшим детальним обговоренням хімізму процесів, що протікають, і висновків.

Додаткові функції на платформі «MOODLE» забезпечують інтерактивність занять і надають їм схожості з заняттями, які проводять в аудиторії. Наприклад, функція «піднята рука» дає змогу повідомити учасникам про бажання вийти на голосовий або відеозв'язок, що зручно для організації зворотного зв'язку, поліпшення діалогу та прискорення обговорення нового матеріалу порівняно зі спілкуванням у чаті. Дуже корисною виявилася функція «Біла дошка», доступна як викладачам, так і студентам. За допомогою «білої дошки» можна обговорювати теми, що потребують написання хімічних формул, малювання схем і діаграм, додавати текстові коментарі та прості геометричні фігури.

Вибір інструментів для проведення дистанційних занять визначається обміном інформацією як у навчальний час, так і поза ним, а також забезпечує спільне розв'язання завдань, публікацію ідей і коментарів, участь в обговореннях і визначення завдань. Для цього, паралельно при дистанційному навчанні підтримується комунікація з учнями за допомогою чату в Viber, Telegram та стрінки в соціальних мережах WhatsApp. Ці засоби зв'язку мають можливість отримання повідомлень без необхідності узгодження часу і місця з викладачем. Вони також дозволяють підтримувати зв'язок як між студентами, так і з викладачем. Такі особливості найбільш важливі для ефективного зворотного зв'язку між учасниками освітнього процесу. Наприклад, за підсумками виконання завдань, які студенти для перевірки надсилають по електронній пошті, викладач повідомляє оцінки та коментує результат.

Система вивчення освітніх компонентів дисципліни студентами також передбачає самостійне опанування теоретичного матеріалу. Для самостійного вивчення дисципліни студенти можуть використовувати навчально-методичний комплекс хмарної платформи ХНАДУ в базі електронної навчальної платформи "MOODLE", що містить підручники з дисципліни, конспекти лекцій, посібники для проведення лабораторних практикумів, відеодосліди, збірники задач, презентації з прикладами практичних завдань, індивідуальні тестові завдання для перевірки засвоєння матеріалу, рекомендовану літературу та довідковий матеріал. Усі матеріали відповідають програмі з дисципліни «Хімія», відповідають сучасному рівню, є доступними та наочними.

Незважаючи на ряд переваг, пов'язаних із впровадженням всіх наявних електронних ресурсів, різноманітність методів, що застосовуються в дистанційному навчанні, не може повністю замінити взаємодію між студентом і викладачем. Рівень знань студентів з хімії знижується в умовах дистанційного навчання. Основною причиною цього, на наш погляд, є відсутність особистого контакту між студентами та викладачами. Дистанційне навчання вимагає від студента високої самодисципліни, забезпечення самоорганізації та самоконтролю. У цьому форматі став очевидним низький рівень саморегуляції у багатьох студентів, які відчують труднощі з якісною організацією навчального процесу. У такій формі складно відстежувати активну участь студента на занятті. Зворотній зв'язок через чат або підключення до трансляції в Big Blue Button не забезпечує повного викладацького контролю навчання. Зворотний зв'язок, здійснюваний у чаті або підключенням до трансляції заняття, не дає змоги повністю проконтролювати роботу студента.

Список використаних джерел:

1. Вища освіта України в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення: виклики і відповіді: науково-аналітична доповідь / В.Г. Кремень, В.І. Луговий, П.Ю. Саух, І.І. Драч, О.М. Слюсаренко, Ю.А. Скиба, О.В. Жабенко, С.А. Калашнікова, Ж.В. Таланова, О.М. Петроє, О.Ю. Оржель, І.Ю. Регейло, М.В. Набок; за заг. ред. В.Г. Кременя. Київ: Педагогічна думка. 2023. 172 с.
2. Дюжикова Т., Арестенко В., Ніколаєва Ю. Особливості викладання дисциплін хімічного спрямування в умовах дистанційного навчання в закладах вищої освіти. Науковий

вісник мелітопольського державного педагогічного університету. Науковий вісник: Серія: Педагогіка. 2022. Т. 1, № 28. С. 118–123. 3. Гойстер О., Гудзенко А. З досвіду провадження сучасних освітніх технологій навчання хімії здобувачів медичної освіти в умовах воєнного стану. Огляд. Ukrainian Educational Journal. 2023. 4. Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки та Операційний план її реалізації у 2022-2024 роках. Розпорядження КМУ від 23 лютого 2022 р. – № 286-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-%D1%80#Text> (дата звернення: 01.05.2025). 5. Даценко В.В., Хоботова Е.Б. Використання системи дистанційного навчання Moodle для викладання дисципліни «Хімія» у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті. Вісник ХНАДУ. – 2022, вип. 98. – С. 153–160. 6. Анічкіна О.В., Романишина Л.М., Авдєєва О.Ю. Організація дистанційного навчання хімії у закладі вищої освіти в умовах військового стану Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Педагогічні науки: реалії та перспективи. 2022. Вип. 86/5. С. 15–20. 7. Маятіна Н. Інноваційні методики викладання фізико-математичних дисциплін у ЗВО в умовах воєнного стану. Вища освіта України у контексті інтеграції до європейського освітнього простору. 202. 91((II) 1). С. 117–130. 8. Гойстер О., Гудзенко А. З досвіду провадження сучасних освітніх технологій навчання хімії здобувачів медичної освіти в умовах воєнного стану. Огляд. Ukrainian Educational Journal. 2023. 9. Даценко В.В., Хоботова Е.Б. Особливості викладання дисциплін у вищому закладі в умовах воєнного стану // Сучасне суспільство: глобальні трансформації: кол. моногр. – Харків: СГ НТМ «Новий курс», 2024. С. 6–11. 10. Лист Міністерства освіти і науки України від 06.03.2022 № 1/3371-22 «Про організацію освітнього процесу». URL: <https://cutt.ly/ASqEtI4> (дата звернення: 01.05.2025).

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З НАВЧАЛЬНОЇ КОМПОНЕНТИ «ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ»

Мартинюк Г. В., Мартинюк І. В. (м. Рівне)

«Фізико-хімічні методи аналізу» – обов’язкова освітня компонента циклу фундаментальних загальноосвітніх дисциплін професійної підготовки фахівців за спеціальністю 014 Середня освіта (Хімія).

Дисципліна забезпечує формування у студентів професійно-орієнтованої компетентності, яка спрямована на засвоєння теоретичних і практичних знань та навичок, сприяє підготовці кваліфікованих фахівців із ґрунтовними теоретичними знаннями та практичними навичками в галузі сучасних інструментальних (фізико-хімічних) методів аналізу.

Освітня компонента «Фізико-хімічні методи аналізу» ілюструє єдиний фундаментальний принцип хімічної науки – зв’язок між властивістю та

кількістю визначуваної речовини, ґрунтується на сучасних уявленнях хімічної науки, щодо фізико-хімічного аналізу та визначення складу досліджуваних речовин, а також одержання практичних знань та навичок в галузі контролю якості сировини та готової продукції, закладає базові знання, необхідні майбутнім фахівцям – вчителям хімії та біології щодо роботи за обраною спеціальністю [1].

Опанування цієї дисципліни повинне бути базою для вивчення інших освітніх компонент відповідно до програми навчання студентів, які здобувають кваліфікацію вчителя хімії за спеціальністю 014.06 «Середня освіта (Хімія)», а також для формування діалектичного мислення і сприяння розвитку хімічного світогляду студента.

Метою навчальної дисципліни «Фізико-хімічні методи аналізу» є формування професійних компетентностей вчителів хімії, які необхідні під час ознайомлення з сучасними методами аналітичної хімії, серед яких провідне місце займають фізико-хімічні методи аналізу, які свідчать про найтісніший взаємозв'язок всіх методів й ілюструють їхній єдиний фундаментальний принцип – зв'язок між властивістю та кількістю визначуваної речовини.

Освітня компонента «Фізико-хімічні методи аналізу», яка впроваджена в навчальний процес Рівненського державного гуманітарного університету включає 2 частини: теоретичне оволодіння навчального матеріалу, що реалізується шляхом проведення лекцій, а також практична у вигляді лабораторного практикуму, який надає можливість студентам оволодіти комплексом практичних навичок та умінь у виконанні експериментальних робіт з хімічного аналізу.

На вивчення цієї освітньої компоненти виділяється 120 академічних годин (4 кредити ECTS), а саме: 10 год. лекційних і 30 год. лабораторних занять, 80 год. самостійної роботи. Згідно з цією інформацією встановлено, що основою в системі вивчення означеної дисципліни є лабораторні роботи, на яких студенти

під керівництвом викладача здійснюють експериментальні дослідження з метою практичного підтвердження окремих теоретичних положень навчальної дисципліни, синтезу нових речовин, визначення якісного та кількісного складу об'єкта хімічними, фізико-хімічними та фізичними методами, розширення можливостей застосування теоретичних знань для розв'язування практичних задач.

Провідна функція лабораторного заняття як організаційної форми полягає в наданні теоретичному курсу яскраво вираженого експериментального характеру. Лабораторні заняття з основних хімічних дисциплін тісно пов'язані з багатьма іншими організаційними формами навчання і взаємодоповнюють їх, складаючи єдине ціле. У цій єдності теоретичні знання, отримані здобувачами освіти, студентами-хіміками, на лекційних заняттях засвоюються краще, а лабораторні роботи стають більш зрозумілими.

Для проведення лабораторних робіт з цієї освітньої компоненти був укладений навчальний посібник «Лабораторні роботи з фізико-хімічних методів аналізу», який доповнює теоретичне навчання студентів відповідно до програми навчального курсу «Фізико-хімічні методи аналізу» і застосовний для здобувачів освіти всіх форм навчання спеціальностей «Середня освіта (Хімія)», «Середня освіта (Природничі науки)», «Хімічні технології та інженерія», «Екологія».

У запропонованому навчальному виданні описано понад 36 лабораторних робіт з основних розділів фізико-хімічних методів аналізу (оптичні, електрохімічні, кінетичні та хроматографічні).

Основна частина запропонованих лабораторних робіт присвячена оптичним і електрохімічним методам аналізу. Оптичні методи (світлопоглинання, нефелометрія, турбідиметрія та ін.) наведені у 17 лабораторних роботах. Близько 10 робіт містять методику визначення невідомих сполук за використання електрохімічних методів аналізу (потенціометрія, вольтамперометрія, кулонометрія, кондуктометрія). Також наведені роботи з

кінетичних методів аналізу, описані способи ідентифікації, розділення, виявлення речовин методом осадової та тонкошарової хроматографії, а також хроматографії на папері.

Лабораторні роботи спрямовані на дослідження властивостей індивідуальних сполук різної природи та хімічного складу, що володіють набором різноманітних фізико-хімічних властивостей. Позаяк, ці властивості можна з'ясувати в матеріалах різного походження та призначення.

Посібник побудований так, що ходу виконання конкретних лабораторних робіт передують розгляд теоретичних основ фізико-хімічного методу, його технічного обладнання, методики виконання вимірів назагал. Під таким кутом зору розглядаються фотометричний, потенціометричний та кондуктометричний методи аналізу води, а також експресний метод індикаторних трубок (лінійно-колориметричний метод) для визначення концентрацій газів у повітрі. Закріпленню опрацьованої теми сприяють контрольні запитання, подані після кожної лабораторної роботи, та завдання репродуктивного, частково-пошукового та творчого характеру [2].

Під час виконання лабораторних робіт реалізується принцип організації дослідницької діяльності студентів, який спрямований на їх пошуково-експериментальну роботу, пов'язану з розкриттям нових властивостей речовин та фізико-хімічних параметрів, потребують від студентів умінь аналізувати умову, вихідні дані, застосовувати та оцінювати різні дії, пропонувати нові шляхи вирішення поставлених завдань. Прикладом дослідницьких лабораторних робіт є «Визначення кофеїну в натуральній каві», «Визначення йонів Fe^{3+} у воді методом полуменевої фотометрії», «Визначення вуглеводів поляриметричним методом» та інші [3].

Лабораторні заняття з навчальної дисципліни «Фізико-хімічні методи аналізу» проводяться в лабораторії хімії з використанням реактивів, посуду та

приладів в присутності викладача або лаборанта та потребує попередньої підготовки зі сторони здобувача освіти.

Перед виконанням лабораторної роботи студент повинен володіти теоретичним матеріалом теми, характером, обсягом та методикою лабораторної роботи, яку він повинен виконати.

Виконавши експериментальне завдання, здобувач освіти здійснює оформлення роботи згідно зі зразком, поданим в навчальному посібнику. Виконання лабораторної роботи оцінюється викладачем. Загальна кількість балів виставляється в журналі обліку відвідувань та успішності студентів. Бали, отримані студентами на лабораторних заняттях, враховуються у підсумковому рейтингу з цієї навчальної компоненти. Студентам пропонується для виконання 10 лабораторних робіт, кожна з яких оцінюється в 5 балів.

Позаяк, навчальний посібник містить набагато більшу кількість лабораторних робіт порівняно з плановим обсягом академічних годин, наведеним в навчальному плані. Це дає можливість викладачеві самостійно обирати лабораторні роботи для виконання студентами.

Пропонована система проведення лабораторних робіт з освітньої компоненти «Фізико-хімічні методи аналізу» в Рівненському державному гуманітарному університеті сприяє формуванню загальних та фахових компетентностей, більш повному оволодінні навчальним матеріалом, що є важливим в структурі професійної підготовки вчителів хімії.

Список використаних джерел:

1. Стецьків А.О., Стецьків Л.В., Боднарчук О.В., Дмитрів А.М. Особливості проведення лабораторних занять з аналітичної хімії на фармацевтичному факультеті. *Архів клінічної медицини*. 2012. 1(18). С. 108-109. 2. Мартинюк Г.В. Фізико-хімічні методи аналізу. *Лабораторний практикум Рівне, Видавець О. Зень*. 2023. 136 с. 3. Криворучко А. В., Шиян Н. І. Дослідницькі завдання з дисципліни «Фізико-хімічні методи дослідження». *XVI Менделєєвські читання: Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції, (Полтава, 14-15 березня 2023 р.) / М-во освіти і науки України, Полтав. нац. пед. ун-т ім. В. Г. Короленка – Полтава: Редакційно-видавничий відділ ПНПУ імені В. Г. Короленка*. 2023. С. 113 – 115.

ФОРМУВАННЯ ФАХОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНОГО ВНЗ ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ

Єгорова Л.М. (м.Харків)

Складовими професійної компетентності випускників вузів є не лише фахові, а й загальнокультурні компетенції, отже за компетентнісного підходу в навчанні компетенції мають формуватися на всіх етапах освітнього процесу. У зв'язку з цим величезне значення і актуальність нині набуває проблема формування професійної компетенції у процесі навчання хімії у технічному вузі. Хімія як загальноосвітній предмет, поряд з фізикою та математикою є обов'язковою дисципліною у технічних вузах та становлять основу фундаментальних знань майбутніх спеціалістів. Значний компонент професійної компетентності спеціаліста технічного профілю – хімічна компетентність. Знання законів хімії та вміння застосовувати їх на практиці забезпечують не лише загальноосвітню та загальнокультурну підготовку, а й освоєння універсальних способів діяльності, а також їх використання у вирішенні технічних завдань у процесі подальшого здобуття освіти та роботи зі спеціальності.

Поняття «компетентність» включає в себе такі основні компоненти:

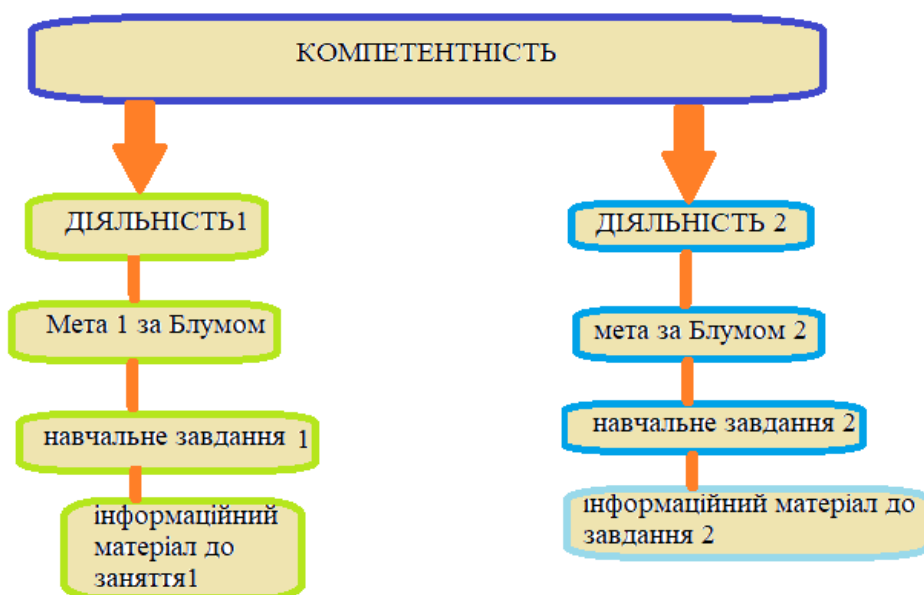
- знання основних досягнень з даної галузі;
- вміння використовувати ці знання в залежності від ситуації;
- розуміння сутності існуючих проблем, яким чином добути це знання, для якого знання який метод потрібний;
- адекватне оцінювання – себе, світу, свого місця в світі, конкретного знання, необхідності чи зайвості його для своєї діяльності, а також методу його здобування чи використання.

При вивченні хімії майбутні фахівці спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» набувають таких компетентностей як:

- Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язання професійних задач і практичних проблем галузевого машинобудування;
- Здатність приймати ефективні рішення щодо вибору конструкційних матеріалів, обладнання, процесів та поєднувати теорію і практику для розв'язування інженерного завдання.
- Здатність відшукувати і використовувати міждисциплінарні і міжгалузеві зв'язки у науковій діяльності.

Пошук нових форм і методів навчання передбачає розширене застосування обчислювальної техніки в процесі навчання. Одним з інноваційних методів підготовки студентів є дистанційне навчання, що орієнтується на самостійну роботу студента. Дистанційне навчання виникло відносно недавно і саме завдяки цій новизні воно орієнтується на кращий методичний досвід. MOODLE є однією з найпопулярніших середовищ дистанційного навчання в світі. Вперше дистанційне навчання в Україні започаткували в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», Харківський національний університет радіоелектроніки та Львівський інститут менеджменту ще в 1997 році. У 2000 році наказом Міністерства освіти і науки України був створений Український центр дистанційної освіти при національному технічному університеті «Київський політехнічний інститут». З цього моменту в університетах України відкриваються центри дистанційного навчання і починається його експериментальне впровадження [1-2].

З метою найбільш ефективного формування цих компетентностей при вивченні дисципліни «Хімія» для студентів 1 курсу механічного факультету ХНАДУ створено дистанційний курс «Хімія 1М». Розроблений курс є компетентнісний дистанційний курс, в якому відбувається практично вся діяльність. Алгоритм створення програми курсу відповідає схемі:



Як видно з схеми компетентності в дистанційному курсі формуються згідно до таксономії Блума, тобто відповідно до шести основних категорій: знання, розуміння, застосування, аналіз, синтез, оцінка. Ці категорії варіюються від когнітивних навичок нижчого рівня (знати і розуміти) до когнітивних навичок вищого порядку (застосовувати, аналізувати, оцінювати, створювати). Наприклад формування компетентностей за діяльністю 1 для кожної теми в курсі сформульована мета за Блумом на рівні знати і розуміти та відповідно надано інформаційний матеріал у вигляді питань лекції та презентації до лекції, після опрацювання цих інформаційних ресурсів студент переходить до діяльності 2 та мети за Блумом 2. Виконання навчального завдання за цим видом діяльності дозволяє отримати навички на рівні застосовувати, аналізувати, оцінювати. В курсі для виконання цього виду роботи надано методичні розробки до лабораторних робіт, відео експериментальної частини та презентації до лабораторної роботи. [3]. Для формування компетентності аналізувати та оцінювати створено контрольні завдання як у вигляді розрахункових задач, так і у вигляді тестових завдань. Окрему роль для формування когнітивних навичок вищого порядку відведено завданням самостійної роботи студентів (СР), які приведені як окремий елемент курсу. Саме ці завдання дозволяють студентам

працювати на творчому рівні. Курс розділений на тижні відповідно до графіку учбового процесу в семестрі. На першому тижні представлена "Робоча програма" та «Силабус», відомості про автора курсу, список літератури, словник хімічних термінів (глосарій). Усе це допоможе скласти загальне уявлення про дисципліну і план роботи у студентів.

Для зручності лекційний матеріал розподілений з окремих питань плану. Для ефективнішого вивчення курсу студентам представлені презентації, які є відеорядом до кожної лекції (рис.1):

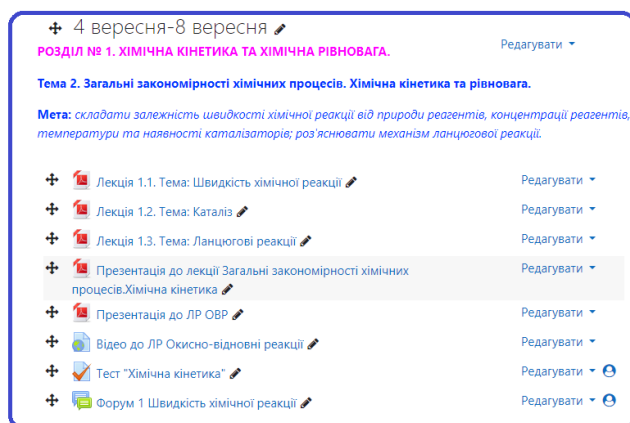
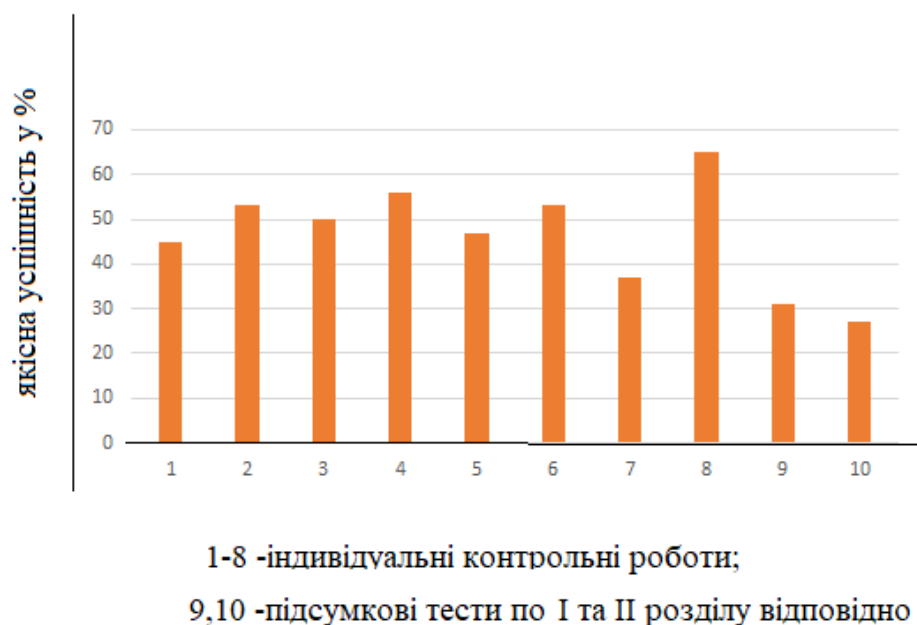


Рис. 1. Тиждень в дистанційному курсі «Хімія ІМ»

Електронні презентації є дидактичним засобом навчання і являють собою логічну послідовність слайдів, об'єднану однією тематикою і загальними принципами оформлення. Демонстраційні досліди є в дистанційному курсі вони представлені у відеороликах.

В курсі створено пакет тестів з хімії для студентів в середовищі MOODLE. Метою тестового контролю була не тільки перевірка наявності, але і перевірка повноти знань, їх глибини, творчої активності студента. Студенти 1-го курсу механічного факультету по кожній темі отримували індивідуальні завдання у вигляді контрольної роботи. Завдання контрольної роботи були типовими і шаблони оформлення були поясненні на занятті та як продемонстровано на діаграмі якісна успішність по окремим темам коливається від 37% до 65%. Що

стосується тестової перевірки по I розділу «Кінетика. Рівновага. Розчини» та II розділу «Електрохімічні процеси», то вона проходила онлайн і як видно з діаграми 1 якісна успішність по тестах значно нижче ніж по окремим темам.



Діаграма 1. Аналіз якісної успішності студентів

Це пояснюється насамперед тим, що для успішного виконання підсумкових тестів потрібно мати знання з декількох тем та навички застосовувати теоретичні знання для виконання тестового завдання творчого та логічного рівня. Аналіз результатів підсумкових тестів показує, що дуже малий відсоток студентів мають навички до аналізу та здатності встановити відповідність між теоретичними знаннями та здатністю їх застосувати практично. І це глобальна проблема, яка має свій початок у середній ланці освіти.

Отже очевидно, що можливості вдосконалення дистанційної освіти необмежені і визначаються не тільки розвитком сучасних інформаційних технологій, а й майстерністю науково-педагогічних кадрів. Досвід роботи в дистанційних курсах показав, що цей тип навчання може бути ефективним, але не можна стверджувати, що воно може замінити традиційне навчання. Особливо

це стосується тих дисциплін, які передбачають проходження експериментальних, лабораторних, практичних робіт безпосередньо в спеціально обладнаних аудиторних фондах.

Список використаних джерел:

1. Кухаренко В.М., Бондаренко В.В. *Екстрене дистанційне навчання в Україні: Монографія / за ред. В.М. Кухаренка, В.В. Бондаренка - Харків: Вид-во КП «Міська друкарня», 2020. 409 с.*
2. Кухаренко В.М., Рибалко О.В., Сиротенко Н.Г. *Дистанційне навчання: Умови застосування. / за ред. В.М. Кухаренка. Харків: НТУ «ХПІ», «Торсінг», 2002. 320 с.*
3. Єгорова Л.М. *Дистанційне навчання як важливий складник підвищення якості знань з хімії в технічному ЗВО // Вісник ХНАДУ. 2019. Вип. 86, т. I. С. 109-114.*

ЕДЬЮТЕЙНМЕНТ ЯК СТРАТЕГІЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ СИМУЛЯЦІЙ У ХІМІЧНІЙ ОСВІТІ

**Шафорост Ю. А., Жабковська О. А., Шевченко О. П., Погребняк О.С.
(м. Черкаси)**

Останні тенденції в освіті свідчать про зростання інтересу до інноваційних форм навчання, зокрема до використання віртуального моделювання хімічних процесів як засобу залучення учнів. Віртуальні симуляції, що поєднують елементи інтерактивності, гейміфікації та візуалізації, стали потужним інструментом едьютейнменту – освітньої розваги, яка сприяє не лише ефективному засвоєнню матеріалу, а й формуванню емоційної зацікавленості учнів.

На сьогоднішній день існує значна кількість досліджень [1], присвячених використанню віртуальних симуляцій як засобу едьютейнменту для підвищення мотивації учнів у навчанні хімії. Багато вчених та педагогів вивчають різні аспекти цієї теми, включаючи ефективність віртуальних симуляцій у залежності від контексту, їх вплив на залучення учнів до навчання, а також розвиток ключових компетентностей через використання цих технологій.

Українські дослідники досліджували різні способи використання технологій віртуальної реальності в освіті, зокрема в контексті навчання хімії [1,

2]. Анічкіна О. В. [3], Гиря О.О. [4], Кравець І.В. [5], Куленко О.А. [6], і Мідак Л.Я. [7] розглядали використання онлайн-інструментів у навчанні хімії. Проте, їх дослідження зосереджувалися переважно на одному конкретному аспекті використання цифрових інструментів або окремому онлайн-ресурсі.

Реформа загальної середньої освіти, відома як Нова українська школа, передбачає активне залучення учнів до навчального процесу через сучасні підходи, серед яких важливе місце посідає використання технологій. Віртуальні симуляції, як одна з таких технологій, відкривають широкі можливості для підвищення якості викладання хімії. Вони дозволяють створити безпечне, адаптивне й візуально насичене середовище, в якому учні можуть проводити досліди, моделювати процеси, бачити результативність своїх дій та отримувати зворотний зв'язок.

Інтеграція симуляцій у хімію особливо ефективна в контексті едьютейнменту – підходу, що поєднує навчання з розвагою. Така форма роботи активізує увагу, знижує тривожність, стимулює творчість та підтримує інтерес до вивчення предмета навіть у тих учнів, які традиційно не виявляють інтересу до природничих наук. Віртуальні середовища дозволяють учням не лише спостерігати, а й взаємодіяти з навчальним контентом, експериментувати без ризику, навчатися шляхом проб і помилок, що відповідає сучасним підходам до формування компетентностей.

У дослідженні було проаналізовано ефективність використання віртуальних симуляцій як інструменту едьютейнменту у процесі вивчення хімії. Для реалізації педагогічного експерименту застосовувались платформи PhET Interactive Simulations, MolView, а також розглядалися потенційні можливості платформ ChemCollective, Labster та Virtual Lab.

Перший етап експерименту, що охоплював розробку та теоретичне обґрунтування методики впровадження симуляцій, відбувався на базі Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького у

вересні–грудні 2022 року. Другий етап – практичне впровадження методики – проведено у Черкаській загальноосвітній школі I–III ступенів №32 у січні–травні 2023 року за участі 60 учнів двох 8-х класів.

В одному класі застосовували віртуальні практичні роботи на базі симуляцій PhET, у другому – традиційні форми закріплення знань. За результатами контрольного тестування середній бал учнів, що працювали з віртуальними симуляціями, становив 85%, у той час як у групі з традиційними методами – 70%.

Додатково проведене опитування засвідчило, що понад 75% учнів позитивно оцінили вплив симуляцій на розуміння навчального матеріалу, 73% – відзначили їхню допомогу у виконанні лабораторних робіт, а 78% – підтвердили зростання мотивації до вивчення хімії.

Таким чином, використання віртуальних симуляцій, зокрема платформи PhET Interactive Simulations, сприяє глибшому засвоєнню хімічних понять, формуванню дослідницьких навичок та розвитку мотивації до навчання, що підтверджено результатами педагогічного експерименту.

Результати нашого дослідження свідчать про значний позитивний вплив використання таких симуляцій на мотивацію школярів до вивчення хімії. Під час педагогічного експерименту було зафіксовано зростання активності, допитливості та самостійності учнів, а також покращення їх ставлення до предмета. Віртуальні симуляції дозволили учням зануритися у навчальний процес завдяки можливості експериментувати в безпечному цифровому середовищі, моделювати хімічні явища та досліджувати їх у привабливій, зрозумілій формі.

Таким чином, впровадження засобів едьютейнменту через цифрові інструменти моделювання хімічних процесів є ефективним шляхом до підвищення мотивації та якості навчання хімії в умовах як очної, так і дистанційної освіти.

Впровадження віртуальних симуляцій потребує методичної підготовки вчителя, вибору якісного програмного забезпечення та грамотної інтеграції в структуру уроку. Проте за належного педагогічного супроводу ці інструменти мають високий потенціал для розвитку ключових компетентностей учнів, формування практичних умінь та позитивного ставлення до вивчення хімії.

Список використаних джерел:

1. В. Волинець, "Використання технологій віртуальної реальності в навчанні", *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*, № 2, с. 40-47, 2021. 2. Ю. Сняла, "Застосування цифрових інструментів у навчанні хімії", *Освіта. Інноватика. Практика*, т. 11, № 4, с. 55-64, 2023. 3. О. В. Анічкіна, "Гейміфікація – сучасний виклик хімічної освіти", *Вісник Запорізького національного університету. Педагогічні науки*, 1(3), с. 74-80, 2020. 4. О. О. Гиря, "Використання ментальних карт на навчальних заняттях з хімії", *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук*, № 2, с. 45-55, 2022. 5. І. В. Кравець, Л. Я. Мідак, О. В. Кузишин, "Технологія Augmented Reality як засіб для покращення ефективності вивчення хімічних дисциплін", *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи. Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю, м. Тернопіль, 2017*, с. 151-154. 6. О. А. Куленко, "Застосування інформаційно-комунікаційних технологій у професійній підготовці майбутніх учителів хімії", *Науковий вісник Ужгородського національного університету Серія «Педагогіка. Соціальна робота»*, вип. 33, с. 98-101, 2014. 7. Л. Я. Мідак, О. В. Кузишин, Л. В. Базюк, "Використання технологій доповненої реальності під час навчання шкільного курсу хімії 11 класу", *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені М. Коцюбинського. Серія: теорія та методика навчання природничих наук*, №1, с. 74-93, 2021.

ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ШІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ ЗВО ОП «БІОТЕХНОЛОГІЯ»

Двінських Н. В., Хохленкова Н. В., Калюжная О.С. (м. Харків)

Сучасний освітній простір все частіше стикається з інноваційними викликами, одним із яких стало стрімке впровадження систем штучного інтелекту (ШІ) у освітнє середовище. З одного боку, це відкриває безліч можливостей, з іншого – створює нові ризики для академічної доброчесності.

Підготовка фахівців з біотехнології у закладах вищої освіти (ЗВО) неможлива без інтеграції новітніх цифрових технологій, зокрема інструментів штучного інтелекту (ШІ), що відповідає глобальним тенденціям розвитку освіти та потребам біотехнологічної галузі. Використання ШІ у навчальному процесі

дозволяє підвищити якість освіти, індивідуалізувати навчання та забезпечити конкурентоспроможність випускників на ринку праці.

Переваги впровадження ІІІ в освітній процес охоплюють ряд напрямів, які активно обговорюються серед академічної спільноти під час вебінарів, конференцій, круглих столів тощо. Проводяться опитування стейкхолдерів всіх рівнів: здобувачів вищої освіти, випускників, викладачів, роботодавців та науковців для окреслення переваг, ризиків та методів використання ІІІ.

Першим аспектом, який безумовно сприяє постійному вдосконаленню освітньої системи та сприяє підвищенню якості навчання є персоналізація навчання. Адаптивні освітні платформи на основі ІІІ дозволяють формувати індивідуальні траєкторії навчання, враховуючи рівень підготовки, темп засвоєння матеріалу та особисті інтереси студентів. ІІІ-асистенти та окремі моделі надають додаткові пояснення, допомагають у розв'язанні задач, автоматично підбирають завдання відповідно до потреб кожного здобувача. Слід відмітити поширені можливості щодо доступу до якісної освіти здобувачів вищої освіти з особливими освітніми потребами. Цьому сприяють адаптивні інтерфейси, автоматичні субтитри, переклад і інтерактивні системи на основі ІІІ.

З іншого боку, переваги автоматизації оцінювання тестових і письмових завдань, полегшення виявлення плагіату оптимізують час викладача, дозволяючи зосередитися на творчих та наукових аспектах підготовки.

Впровадження ІІІ в освітній процес супроводжується появою низки методичних особливостей та завдань. Використання сучасних та незвичних технологій вимагає підвищення цифрової та методичної компетентності викладачів, проведення тренінгів, семінарів, створення міжуніверситетських мереж співпраці для обміну досвідом. Ці загальноосвітні аспекти сприяють якісному оновленню навчального процесу: адаптації змісту освітніх програм, інтеграції модулів з цифрової грамотності, основ роботи з ІІІ та аналізу даних.

Паралельно виникають етичні та правові аспекти використання ІІІ в освіті - дотримання принципів академічної доброчесності, захисту персональних даних, забезпечення неупередженості щодо користування сучасними інформаційними ресурсами. І поряд з розробкою правових та нормативних документів щодо використання ІІІ в освітньому процесі, варто пам'ятати, що метою має бути не покарати, а навчити, пояснити здобувачам вищої освіти, чому оригінальність і доброчесність важливі для їхнього майбутнього. Необхідним є проведення консультацій, обговорення кордонів допустимого використання інструментів ІІІ, актуальним є ознайомлення з позитивними прикладами самостійних досліджень.

Щодо набуття вмінь та навичок використання інструментів ІІІ здобувачами вищої освіти, це безумовно відповідає сучасним вимогам біотехнологічної індустрії. Використання ІІІ для обробки та аналізу великих масивів наукових і лабораторних даних дозволить здобувачам та майбутнім практикам і науковцям ефективніше виявляти закономірності, моделювати біопроцеси, прогнозувати результати експериментів, що є особливо актуальним у сучасних біотехнологіях.

Отже, використання інструментів ІІІ у підготовці біотехнологів сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти навичок критичного мислення, аналітики, роботи з великими обсягами даних, що є ключовими для сучасної науки та виробництва. Інтеграція ІІІ дозволяє підвищити мотивацію до навчання, зробити освітній процес більш гнучким, динамічним і орієнтованим на потреби ринку праці.

Інтеграція інструментів штучного інтелекту в освітній процес підготовки фахівців з біотехнології у ЗВО є стратегічно важливим напрямом модернізації освіти. Вона відкриває нові можливості для персоналізації навчання, підвищення якості підготовки, розвитку інноваційних компетентностей та формування конкурентоспроможних кадрів для біотехнологічної галузі України.

Список використаних джерел:

1. Максим'як Т. Використання штучного інтелекту в освіті: етичні та правові аспекти. *Вища освіта*, 2023. 4, 24-32.
2. Лисенко, Тетяна & Привалко, Елеонора.. Використання штучного інтелекту для персоналізації навчальних траєкторій студентів вищої школи в Україні. *Вісник науки та освіти* 2025.
3. Родінова, Н. Л., Логай, В. А., & Ковальчук, М. Б. Імплементация штучного інтелекту в оцінюванні якості української освіти: вплив на академічну доброчесність. *Академічні візії*, 29/2024. 2024.
4. Generative AI in Higher Education: Enhancing Learning, Research, and Inclusivity. (2024, August 2). Analytics Insight. Retrieved from <https://www.analyticsinsight.net/generative-ai/generative-ai-in-higher-education-enhancing-learning-research-and-inclusivity>

ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНИЙ ЗМІСТ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ

Стрижак Д.О. (м. Полтава)

Сучасні вимоги до майбутнього вчителя хімії відображено в освітніх стандартах та законодавчих актах України, що наголошують на компетентнісному підході до навчання, де ключову роль відіграє здатність фахівців застосовувати знання та навички в реальних життєвих і професійних ситуаціях. Одним із основних інструментів реалізації таких вимог є впровадження практико-орієнтованого підходу в освітній процес вищого педагогічного закладу освіти, як необхідної умови для забезпечення формування в майбутніх педагогів тих компетентностей, які дозволять їм ефективно працювати в умовах реформування освіти та успішно формувати ключові компетентності в учнів [2].

У процесі підготовки майбутнього вчителя хімії надзвичайно важливо забезпечити міцний і тісний зв'язок між теоретичними знаннями з хімічних та методичних дисциплін та практичними уміннями й навичками педагогічної діяльності. У цьому тандемі теоретичне підґрунтя, а саме: знання законів, понять, хімічних процесів, класифікацій є основою, на якій будується здатність ефективно навчати учнів, адаптувати інформацію до різного вікового рівня, вибирати доцільні методи, форми, засоби та прийоми навчання [1].

На практиці часто хімічні освітні компоненти освітніх програм «Середня освіта (Хімія)» різних рівнів вищої освіти орієнтовані тільки на формування суто хімічних програмних результатів з дисципліни. Проте для майбутнього вчителя хімії важливо не лише поглиблено знати зміст, а й розуміти як пояснити хімічні явища, закони, факти, закономірності доступно, зробити їх зрозумілими, цікавими і прикладними. Тому, на нашу думку, в освітній процес з хімічних освітніх компонентів необхідно інтегрувати теми, завдання та ситуації, які дотичні або моделюють майбутню професійну діяльність.

Розширення змісту дисципліни «Неорганічна хімія» для підготовки майбутніх учителів хімії практико-орієнтованими елементами є важливим кроком для формування їхньої професійної компетентності. Ефективними практико-орієнтованими елементами при вивченні хімічних дисциплін є включення реальних контекстів та прикладів застосування неорганічних речовин у різних галузях з подальшим використанням їх в освітньому процесі з хімії в ЗЗСО для формування стійкого інтересу учнів до хімії та розуміння зв'язку її з життям, до прикладу:

- Хімія в побуті та промисловості (акцентування уваги на використанні неорганічних сполук у виробництві будівельних матеріалів (цемент, скло, кераміка), добрив, миючих засобів, харчових добавок, лікарських препаратів, косметики, аналізу складу побутових хімікатів, дослідження етикеток, моделювання виробничих процесів).
- Екологічні аспекти (вивчення ролі неорганічних речовин у забрудненні довкілля (кислотні дощі, важкі метали, нітрати), методів очищення об'єктів довкілля, принципи сталого використання природних ресурсів).
- Хімія в сільському господарстві (розширення відомостей про використання мінеральних добрив, хімічний склад ґрунтів та методи їх покращення).

- Медична хімія (вивчення застосування неорганічних сполук у діагностиці (рентгенконтрастні речовини), лікуванні (препарати літію, платини), антисептиках).

При вивченні на першому курсі неорганічної хімії здобувачів освіти необхідно залучати до створення пояснень для учнів зрозумілою мовою для певних вікових категорій, використовуючи аналогії, порівняння, малюнки, порівняльні таблиці.

Розширення змісту дисципліни «Аналітична хімія» для підготовки майбутніх учителів хімії практико-орієнтованими елементами є важливим для того, щоб вони могли не лише розуміти теоретичні основи якісного та кількісного аналізу, але й застосовувати ці знання в реальних ситуаціях, а також навчати цьому своїх майбутніх учнів. Доцільними є приклади з аналізу побутових речовин та екологічний моніторинг (складу харчових продуктів (визначення вмісту вітаміну С, кислотності, наявності певних йонів), води (визначення жорсткості, рН, наявності нітратів, фосфатів), ґрунтів (визначення кислотності, вмісту основних елементів), миючих засобів (визначення рН, наявності фосфатів).

«Фізична та колоїдна хімія» володіє можливостями показати майбутнім педагогам зв'язок між фундаментальними фізико-хімічними принципами та їхнім застосуванням у реальному світі, а також опанування інструментами для демонстрації цих зв'язків учням. Зважаючи на певну складність дисципліни для деяких здобувачів освіти, ефективними практико-орієнтованими елементами є ілюстрація фундаментальних принципів через побутові явища та технології (Табл.1).

Таблиця 1.

Практико-орієнтовані елементи для розділів освітнього компоненту «Фізична та колоїдна хімія»

Розділ дисципліни «Фізична та колоїдна хімія»	Практико-орієнтований елемент	Приклад
Термодинаміка	Приклади з побуту	пояснення роботи холодильника, кондиціонера, термоса з точки зору першого та другого законів термодинаміки
	Хімічні процеси	конкретні випадки теплових ефектів екзо- та ендотермічних реакцій на прикладах розчинення солей, гасіння вапна, горіння палива. Обговорення застосування знань про теплові ефекти в промислових хімічних процесах
Кінетика	Швидкість реакцій у побуті	конкретні впливу температури на швидкість приготування їжі, зберігання продуктів у холодильнику. Розгляд ролі каталізаторів у промисловості
	Фактори, що впливають на швидкість реакцій	демонстрація впливу концентрації, площі поверхні реагуючих речовин на швидкість хімічних реакцій простими експериментами (наприклад, розчинення таблеток шипучого вітаміну С у воді різної температури та об'єму тощо)
Розчини та їх властивості	Розчинність у повсякденному житті	пояснення процесу розчинення на прикладах з життя, зокрема цукру у чаї, солі у воді. Розгляд застосування розчинів у медицині (фізіологічний розчин), побуті (розчини для чищення).
	Колігативні властивості розчинів	демонстрація залежності температури кипіння та замерзання розчинів від концентрації розчиненої речовини на простих прикладах (наприклад, приготування льоду з додаванням солі)
Електрохімія	Гальванічні елементи та акумулятори	пояснення принципу роботи батарейок та акумуляторів, їхнього застосування в побутовій техніці, автомобілях. Обговорення екологічних проблем, пов'язаних з їх утилізацією
	Електроліз	розгляд застосування електролізу для отримання металів на конкретних прикладах, очищення речовин, нанесення покриттів (хромування, нікелювання). Демонстрація простих електролітичних процесів.
Колоїдна хімія	Колоїдні розчини в природі та побуті	приклади колоїдних систем: молоко, туман, дим, фарби, чорнила, клеї, гелі (желе, зубна паста). Пояснення їх властивостей (ефект Тіндалля, броунівський рух, адсорбція)
	Поверхневі явища та ПАР	принцип дії миючих засобів, емульгаторів, піноутворювачів з точки зору поверхневого натягу та адсорбції. Демонстрація утворення емульсій та їхньої стійкості
	Наночастинки та наноматеріали	ознайомлення з сучасними застосуваннями наночастинок у медицині (адресна доставка ліків), електроніці, матеріалознавстві (каталізатори,

		сонцезахисні креми). Обговорення потенційних ризиків та етичних аспектів
	Біолоїди	Розгляд колоїдних систем у живих організмах (білкові розчини, клітинні мембрани тощо)

«Органічна хімія» відіграє ключову роль для формування у майбутніх учителів хімії здатності пов'язувати теоретичні знання з реальним світом і навчати цьому своїх учнів. Основна увага зосереджена на формуванні розуміння зв'язку «структура – властивості – застосування», зокрема на реальних прикладах застосування (для кожного вивченого класу органічних сполук наводити конкретні приклади їх використання в побуті, промисловості, медицині, сільському господарстві, що обумовлені будовою та властивостями. До прикладу: спирти: етанол як розчинник і дезінфікуючий засіб, гліцерол у косметичі, метанол як промислова сировина; карбонові кислоти: етанова (оцтова) кислота в харчовій промисловості та побуті, лимонна кислота як харчова добавка, вищі жирні кислоти у виробництві мила; аміни: барвники, лікарські препарати, полімери.

Під час вивчення органічної хімії майбутнім учителям пропонуються практико-орієнтовані кейси: як пояснити учням різницю між гомологами та ізомерами або дати уявлення про реакції заміщення, використовуючи побутові приклади (наприклад, порівняння реакції згоряння вуглеводнів з процесом горіння пального в двигуні).

Розширення змісту дисципліни "Біологічна хімія" для підготовки майбутніх учителів хімії практико-орієнтованими елементами є необхідним для того, щоб вони могли ефективно демонструвати учням зв'язок «структура речовини – функція у живих організмах – застосування», а також формувати в них розуміння молекулярних основ життя. Наприклад, вивчення харчової цінності білків, жирів та вуглеводів на конкретних прикладах, аналіз вмісту різних вуглеводів (глюкози, фруктози, сахарози, крохмалю, клітковини) в поширених харчових продуктах, обговорення їх ролі в енергетичному обміні та травленні,

порівняння насичених та ненасичених жирних кислот, їхнього впливу на здоров'я (роль холестерину, омега-3 та омега-6 жирних кислот), розгляд повноцінних та неповноцінних білків, їх ролі як будівельного матеріалу та джерела амінокислот, аналіз вмісту білків у різних продуктах, розгляд використання ферментів у пральних порошках, харчовій промисловості (виробництво сиру, пива) тощо.

Таким чином, розширення змісту навчальних дисциплін у підготовці майбутнього вчителя хімії практико-орієнтованими елементами дозволяє перетворити теоретичні знання з абстрактних законів та фактів на такі, що мають чітке прикладне значення, пов'язане з майбутньою професійною діяльністю у закладах загальної середньої освіти. Практико-орієнтоване спрямування дисциплін хімічного циклу формує у здобувачів освіти цілісне педагогічне мислення, розуміння значення кожної хімічної теми не лише як наукової інформації, а й як дидактичного ресурсу.

Список використаних джерел:

1. Антонова О.Є. Практико-орієнтований підхід у формуванні професійної майстерності майбутнього вчителя. Теорія і практика професійної майстерності в умовах цілежиттєвого навчання: монографія. Житомир : Вид-во Рута, 2016. С. 262-285. **2.** Блажко, О. А., Блажко, А. А., Реалізація компетентнісного підходу у процесі професійної підготовки майбутнього вчителя хімії. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми, вип. 48, 2017. С. 67-70.

**ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ НАВЧАННЯ ХІМІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ
ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ТРАЄКТОРІЇ
СТАРШОКЛАСНИКА: МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ
МАЙБУТНІХ ВИКЛАДАЧІВ У ЗВО**

Івченко М. М., Шиян Н.І. (м. Полтава)

Сучасна освіта орієнтована на реалізацію особистісно-орієнтованого підходу, який передбачає врахування індивідуальних потреб, здібностей і темпів навчання кожного учня. Особливої актуальності це набуває у старшій школі, де

учні роблять свідомий вибір освітнього та професійного шляху. У цьому контексті важливим інструментом стає диференціація навчання, яка дозволяє ефективно проєктувати та реалізовувати індивідуальні освітні траєкторії, зокрема у процесі вивчення хімії - науки, що вимагає високого рівня абстрактного мислення, практичних навичок і мотивації.

Водночас виникає необхідність якісної підготовки майбутніх викладачів хімії у закладах вищої освіти, які здатні не лише викладати предметний матеріал, а й проєктувати навчання відповідно до індивідуальних особливостей старшокласників. Методичні аспекти цієї підготовки повинні охоплювати як психолого-педагогічні засади диференціації, так і практичні інструменти її впровадження [1].

У сучасних умовах реформування української освіти пріоритетом стає особистісно орієнтований підхід, який забезпечується через реалізацію індивідуальної освітньої траєкторії. У контексті вивчення хімії це означає адаптацію змісту, форм і методів навчання до навчальних потреб, здібностей та інтересів старшокласників.

Диференціація навчання хімії полягає у варіативності подачі матеріалу, організації навчальної діяльності та контролю знань, що дозволяє забезпечити ефективність навчання для різних груп учнів - від тих, хто має труднощі з засвоєнням базових понять, до тих, хто виявляє інтерес до поглибленого вивчення хімії або планує пов'язати з нею майбутню професію.

Серед основних форм диференціації можна виділити:

- Рівневе навчання (базовий, стандартний, поглиблений рівні);
- Групова та індивідуальна робота;
- Використання різнорівневих завдань;
- Використання цифрових ресурсів (онлайн-лабораторії, інтерактивні тести, освітні платформи).

Особливої уваги набуває підготовка майбутніх учителів хімії у ЗВО, яка повинна формувати не лише фахову компетентність, а й здатність проектувати диференційоване навчальне середовище. У змісті педагогічної освіти необхідно акцентувати:

- психолого-педагогічні основи індивідуалізації навчання;
- методiku розробки та реалізації індивідуальних освітніх маршрутів;
- інтеграцію сучасних ІКТ у навчальний процес;
- розвиток рефлексивної та аналітичної компетентностей майбутніх вчителів.

Доцільно також впроваджувати практико-орієнтовані форми навчання у ЗВО, зокрема:

- тренінги зі створення диференційованих завдань;
- моделювання уроків з індивідуальним підходом;
- аналіз педагогічних кейсів;
- педагогічні практики з акцентом на індивідуальну роботу з учнями.

Розвиток методичної підготовки вчителів до реалізації диференційованого підходу є необхідною умовою забезпечення якісної хімічної освіти в умовах Нової української школи та формування в учнів готовності до самостійного освітнього вибору.

Диференціація навчання хімії є ефективним засобом реалізації індивідуального підходу до учнів, що, у свою чергу, сприяє формуванню їхніх освітніх траєкторій відповідно до особистих інтересів, можливостей і майбутніх професійних орієнтацій. Вона дозволяє не лише підвищити мотивацію до вивчення предмета, але й забезпечити глибше засвоєння навчального матеріалу, розвиток критичного мислення та навичок самостійної роботи [2].

Для забезпечення якісної реалізації диференціації у хімічній освіті старшої школи важливо вдосконалювати методичну підготовку майбутніх учителів у ЗВО. Це передбачає засвоєння ними сучасних педагогічних технологій, розвиток

здатності до аналізу освітніх потреб учнів, а також оволодіння методами створення диференційованих завдань та індивідуальних освітніх маршрутів.

Інтеграція диференціації як педагогічного підходу в систему фахової підготовки майбутніх вчителів хімії є необхідною умовою модернізації сучасної освіти та створення гнучкого, адаптивного освітнього середовища, яке сприятиме розвитку потенціалу кожного здобувача освіти.

Список використаних джерел:

1. Івченко М. М. Інтерактивні методи навчання як засіб реалізації індивідуальної освітньої траєкторії з хімії XVIII Полтавські хімічні читання: Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції, (Полтава, 12 – 13 березня 2025 р.) С. 113-115. 2. Івченко М. М. Індивідуалізація навчання хімії: роль диференціації в побудові освітньої траєкторії старшокласників Пріоритетні шляхи розвитку науки і освіти: матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції м. Львів, 29-30 січня 2025 р. С. 29-30.

МЕТОДИЧНІ ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ АНГЛІЙСЬКОЮ МОВОЮ

Панченко В.Г., Шевченко І.С. (м. Харків)

Незважаючи на складну ситуацію, пов'язану з військовою агресією російської федерації проти України та на військовий стан Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна залишається конкурентоспроможним на світовому рівні в процесі надання освітніх послуг та створює найкращі умови для навчання іноземних студентів англійською мовою. На жаль, іноземні студенти наразі через військові дії на території України не мають можливості приїхати в нашу країну на навчання. Тому для надання освітніх послуг науково-педагогічні працівники (НПП) університету або проводять навчання в on-line режимі, або відвідують університети інших країн, для проведення таких занять, як це організовано, наприклад, в межах міжнародного освітнього проєкту з Hangzhou Normal University (Китайська народна республіка). Для того, щоб іноземні студенти надавали перевагу навчанню в нашому університеті навчально-педагогічним персоналом розробляються на належному рівні навчальні програми, лекційні матеріали,

вказівки до лабораторних занять, методичні вказівки для самостійної роботи та інше методичне забезпечення академічною, діловою англійською мовою. Корисним є також створення українсько-англійських термінологічних словників хімічних термінів в якості додатків до навчально-методичних матеріалів [1]. Це вимагає від викладачів не лише постійного підвищення рівня своїх професійних знань, але й безперервного вдосконалення компетентностей з академічної ділової англійської мови.

Відповідно до Наказу Міністерства освіти і науки України від 25.07.2023 року за номером 898 «вивчення, викладання та використання англійської мови у закладах вищої освіти України здійснюється відповідно до "Концептуальних засад державної політики щодо розвитку англійської мови у сфері вищої освіти", розроблених Міністерством освіти і науки України у партнерстві з Британською Радою в Україні, основних принципів законопроекту "Про застосування англійської мови в Україні", рекомендацій Ради Європи з мовної освіти від 22 травня 2018 року щодо ключових компетентностей для навчання впродовж життя» [2]. МОН України рекомендує для викладачів фахових дисциплін англійською мовою (ВФДАМ) для підвищення своєї кваліфікації з розвитком педагогічної компетентності підвищувати рівень володіння англійською мовою та включати до індивідуальної програми стажування або підвищення кваліфікації участь у заходах, які забезпечують удосконалення методики викладання та підвищення рівня володіння англійською мовою [2]. Підвищення рівня компетентностей з англійської мови за такими індивідуальними програмами окрім «забезпечення якісного викладання фахових дисциплін англійською мовою сприятиме підвищенню авторитету, впізнаваності та конкурентноздатності закладу на внутрішньому та зовнішньому ринках освітніх послуг» [2].

Одним із дієвих способів досягнення необхідного рівня мовної компетентності є проходження стажування на спеціалізованих мовних

факультетах. В Харківському національному університеті імені В.Н. Каразіна таким осередком є кафедра ділової іноземної мови та перекладу, яка здійснює підвищення рівня володіння академічною англійською мовою для викладання хімічних дисциплін згідно з рекомендаціями [2] та у відповідності до «Стратегії багатомовності Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна» [3].

Комплексне вирішення методичних проблем досягнення необхідного рівня викладацьких компетентностей охоплює ознайомлення з основними освітніми, науковими напрямками роботи та навчально-методичними розробками кафедри. Навчально-методичні розробки мовної кафедри надають допомогу фахівцю з хімії при викладанні спецкурсу «Bioinorganic Chemistry» англійською мовою для студентів Hangzhou Normal University (Китайська народна республіка), які навчаються на хімічному факультеті Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна та при викладанні курсу “Medical chemistry” для студентів-іноземців I року навчання (бакалаврат) медичного факультету.

Не менш важливим для досягнення необхідного рівня викладацьких компетентностей є відвідування занять з іноземної (англійської) мови, які проводять НПП мовної кафедри. З нашого досвіду, це уможливорює поглибити та вдосконалити практичні навички у побудові граматичних конструкцій, на практиці ознайомитися з методикою викладання ділової англійської мови та набути досвіду спілкування академічною діловою англійською мовою, що позитивно впливає на підвищення рівня комунікації при роботі з іноземними студентами та колегами.

Незважаючи на значно вищий рівень англомовної підготовки студентів першого курсу магістратури Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна порівняно з рівнем підготовки іноземних студентів, такі методичні прийоми при вивченні англійської мови, які застосовуються на заняттях як:

- підготовка коротких есе на тему, яка вивчається, з подальшим його обговоренням всією групою;
- підготовка коротких презентацій та коротких доповідей студентів та їх обговорення;
- перегляд коротких відеороликів, їх обговорення та відповіді на питання, щодо інформації, поданої в відеоролику;
- командний «speaking» та дискусії на певну тематику з використанням слів, словосполучень та правил, які наразі вивчаються;
- бліц-опитування після знайомства з новою інформацією

та багато інших кейсів є надзвичайно інтерактивними, жвавими, залучають до роботи всіх студентів групи та підвищують рівень висловлювання своєї думки, розуміння почутого та загалом рівня комунікації та з успіхом можуть бути використані при викладанні хімічних дисциплін англійською мовою. Наприклад, можна запропонувати студентам підготувати есе чи презентацію англійською мовою на хімічну тематику, яка вивчається; можна переглянути відеоролик з хімічним дослідом, а потім обговорити його виконання, спостереження та зробити висновки і узагальнення англійською, чи поставити «проблемне» питання перед студентами, та в процесі англійської дискусії привести студентів до правильного хімічного узагальнення.

Щодо науково-дослідницької роботи, таке стажування також забезпечило можливість знайомства з досвідом редагування фахового наукового електронного видання категорії Б «Cognition, communication, discourse», яке здійснюється на кафедрі та підготовки кадрів вищої кваліфікації у межах спеціалізованої вченої ради із захисту докторських та кандидатських дисертацій (зав. каф. професор І.С. Шевченко є головним редактором журналу і головою вченої ради Д 64.051.27).

Мовне стажування викладачів фахових дисциплін поглиблює міждисциплінарні зв'язки у межах ЗВО. Зокрема, у межах лише одного терміну підвищення кваліфікації вдалося підготувати англійською мовою:

- Лекційні матеріали з курсу «Bioinorganic chemistry»;
- Описи лабораторних робіт з курсу «Bioinorganic chemistry»;
- Презентації лекцій з курсу «Bioinorganic chemistry»;
- Матеріали для поточного та підсумкового контролю з хімії;
- Рукописи наукових публікацій (одна наукова стаття та 3 тези доповідей на наукові конференції).

Всі підготовлені навчальні матеріали розташовані на навчальній платформі MOODLE і використовуються студентами для навчання та проведення поточних та підсумкового контролів. Студенти також активно із задоволенням використовують ресурс «Форум».

Таким чином, досвід, набутий за період проходження стажування це: і вивчення методики викладання англійської мови досвідченими фахівцями високого рівня факультету іноземних мов, і знайомство з науковою і методичною літературою кафедри ділової англійської мови та перекладу, і відвідування наукових семінарів, і консультування з науковим керівником стажування сприяють підвищенню кваліфікації володіння академічною діловою англійською мовою при викладанні хімічних дисциплін.

Список використаних джерел:

1. Белкіна С.Д. Педагогічні умови формування дослідницької компетентності майбутніх інженерів у процесі викладання хімічних навчальних дисциплін. *I Всеукраїнська науково-практична конференція «Тенденції і проблеми розвитку сучасної хімічної освіти»*. м. Івано-Франківськ. 23-24 травня 2019 року. Івано-Франківськ. С. 70-74. **2.** Методичні рекомендації щодо забезпечення якісного вивчення, викладання та використання англійської мови у закладах вищої освіти України. Наказ МОН від 25.07.2023 № 898. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0898729-23#Text>. **3.** «Стратегії багатомовності Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна», прийнятої на засіданні Вченої ради Харківського національного університету В. Н. Каразіна 26 грудня 2022 р., протокол № 19.

СЕКЦІЯ IV

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

EFFECTS OF BIOCHAR TYPE, DOSAGE, AND SAMPLING TIME ON SOIL RESPIRATION IN WINTER WHEAT CULTIVATION

Bojarszczuk Jolanta (Puławy, Poland)

Soil respiration, a key process regulating CO₂ emissions from soil to the atmosphere, is influenced by factors such as soil structure, seasonality, tillage intensity and quality, soil moisture, cultivated plants, and fertilization practices. These emissions contribute significantly to the global carbon cycle. Despite its importance, there is limited understanding of how shifts in microbial community composition affect soil carbon consumption and respiration rates. Biochar application is considered a promising method to enhance soil carbon storage and alter soil respiration dynamics [1,2].

The present study aimed to evaluate the intensity of soil respiration depending on different biochar types and the timing of respiration measurements under winter wheat cultivation. The experiment was conducted as a three-factor pot trial during the 2017–2020 growing seasons at the Vegetation Experimentation Hall of the Institute of Soil Science and Plant Cultivation – State Research Institute (IUNG-PIB) in Puławy, Poland. Six replicates per treatment were established.

The first factor was biochar type, comprising seven treatments: control (no biochar), wheat husk biochar (WHB), medical plant biomass biochar after extraction (MPB), wood chip biochar from the Polish company “Fluid” (WCB), sawdust biochar (SB), rye straw biochar (RSB), and meat and bone meal biochar (MBMB). The second factor was biochar application rate, with doses of 1 t·ha⁻¹ and 3 t·ha⁻¹. The third factor was the date of measurement, corresponding to seven phenological stages of winter wheat (cultivar Hondia), from pre-sowing to post-harvest.

Soil respiration was measured using a portable CIRAS-2 infrared CO₂ analyzer equipped with a dynamic closed soil chamber, allowing precise determination of CO₂ flux over 60-second intervals during daytime hours (9:00–13:00). The chamber enclosed a soil surface area of 75.6 cm² with a headspace volume of 1.17 dm³. CO₂ emission rates were expressed in g CO₂·m⁻²·h⁻¹, with measurement sensitivity ranging from 0 to 9.99 g CO₂·m⁻²·h⁻¹. Concurrently, soil moisture changes, evapotranspiration, and CO₂ concentration differences were monitored.

Measurements were taken at seven key growth stages: before sowing, three-leaf stage (BBCH 12), tillering (BBCH 29), second jointing stage (BBCH 32), earing (BBCH 51), flowering (BBCH 65), and after harvest. Each measurement was replicated thrice.

Results indicated that higher biochar application rate (3 t·ha⁻¹) generally increased soil respiration intensity compared to the lower dose (1 t·ha⁻¹) and control; however, these differences were not statistically significant. Variations in soil respiration were also influenced by biochar type and plant developmental stage.

In conclusion, biochar application affects soil CO₂ emissions under winter wheat cultivation, with dose and timing playing important roles. Further research should focus on elucidating the microbial mechanisms underpinning these effects and optimizing biochar use to enhance soil carbon sequestration while managing greenhouse gas emissions [3].

References:

1. Bekchanova M., Kuppens T., Cuypers A. et al. *Biochar's effect on the soil carbon cycle: a rapid review and meta-analysis*. *Biochar*. 2024. 6, 88.
2. Li S., Tasnady D. *Biochar for Soil Carbon Sequestration: Current Knowledge, Mechanisms, and Future Perspectives*. C. 2023. 9(3), 67.
3. Luo Y., Durenkamp M., De Nobili M., Lin Q., Brookes P.C. *Short term soil priming effects and the mineralisation of biochar following its incorporation to soils of different pH*. *Soil Biology and Biochemistry*. 2011. 43(11), 2304-2314.

TEST INDICATORS OF WINTER WHEAT VARIETY BOHDANA UNDER THE INFLUENCE OF FUNGICIDE WITH THE ACTIVE SUBSTANCE FLUDIOXONIL

Tkachuk N.V., Anyshchenko O.M. (Chernihiv, Ukraine)

Fungicides are used as pre-treatment agents for seed protection against attack by microscopic fungi [1]. The fungicide fludioxonil from the class of the phenylpyrroles is an effective fungicide [2-3], an active ingredient in a number of pesticides, and is recommended as a pre-treatment agent for pre-sowing treatment of grain seeds [4]. Among soft winter wheat varieties, the Bogdana variety is characterized by high economic efficiency of cultivation [5]. At the same time, the scientific and methodological base available to us does not contain data on the effect of different doses of fungicide with the active substance fludioxonil on the test indicators of soft winter wheat of the Bogdana variety, which determined the aim of this study.

The research was carried out in laboratory conditions with winter wheat seeds of the Bohdana variety. The fungicide used was a fungicide with the active ingredient fludioxonil (25 g/L), which is freely available in Ukraine and which, according to the information on the packaging, is recommended for treating potato seeds. In preparation for the experiment, 25 g of seeds were immersed in 50 ml of distilled water with a mass of fludioxonil of 0.5 mg, 1 mg and 4 mg. Then the seeds were shaken for 10 minutes in the appropriate aqueous solution of the fungicide or distilled water (control) and germinated for 7 days at a temperature of $23 \pm 2^\circ\text{C}$ on filter paper moistened with distilled water in Petri dishes. Seed germination, coleoptile length and biological effectiveness of the treatment were determined. The results were statistically processed, determining the arithmetic mean, the error of the arithmetic mean and the significance of the differences according to the Student's t-test.

In all variants of the study, the absence of the effect of fludioxonil on seed germination was established - the recorded differences were statistically insignificant

compared to the control. With an increase in the dose of fludioxonil, a significant increase in the biological effectiveness of the treatment was recorded (up to 67%) and a slight significant decrease in the length of coleoptiles - 1.2 times compared to the control.

The results obtained confirm the effectiveness of the fungicide with the active ingredient fludioxonil for treating wheat seeds, including the Bogdana variety, in protecting against fungal infections. At the same time, the greatest fungicidal effect was recorded at a dose that is 8 times higher than recommended for potato seeds, but attention should be paid to the biological indicators of wheat growth.

References:

1. Сучасні пестициди і технічні засоби їх застосування: навч. посіб. / В.П. Туренко, М.О. Білик С.В. Станкевич, І.В. Забродіна. Житомир: ПП «Рута», 2023. 564 с. 2. Zhou F., Li D.X., Hu H.Y., Song Y.L., Fan Y.C., Guan Y.Y., Song P.W., Wei Q.C., Yan H.F., Li C.W. Biological Characteristics and Molecular Mechanisms of Fludioxonil Resistance in *Fusarium graminearum* in China. *Plant Dis.* 2020. Vol. 104, No 9. P. 2426-2433. 3. Chen Y.-w., Luo S.-y., Xin H.-w., Xiong Z., Liu Sh.-m., Zheng W., Xu J.-q. Effect of fludioxonil on morphological characteristics of *Fusarium pseudograminearum* and wheat crown rot control. *Phytoparasitica.* 2024. Vol. 52. P. 34. 4. Система захисту зернових і зернобобових культур від шкідливих організмів ; підгот. : С. І. Попов, Н. В. Кузьменко, Р. А. Гутянський, В. С. Зуза, О. М. Глибокий, І. В. Луханін / НААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Харків, 2018. 63 с. 5. Гангур І.В., Савєга Д.Є. Економічна ефективність вирощування озимої пшениці сортів Богдана та Колос Миронівщини за різних попередників в умовах НВЦ БНАУ. Молодь – аграрній науці і виробництву. Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві: матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф. здоб. вищ. осв., м. Біла Церква, 19 травня 2022 року. Біла Церква: Білоцерківський НАУ. С. 22-23.

СУЧАСНІ АСПЕКТИ У ВИРОЩУВАННІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Шакалій С. М. (м. Полтава)

Озима пшениця є однією з основних зернових культур, що вирощуються в Україні, зокрема в Полтавській області, де сільське господарство є важливою частиною економіки регіону. Висока врожайність цієї культури є важливою для забезпечення продовольчої безпеки країни та підвищення економічної стабільності регіону. Однак сучасні виклики, зокрема зміни клімату,

недосконалість технологічних процесів та зменшення родючості ґрунтів, створюють значні проблеми для агровиробників [1].

Полтавська область, як і більшість центральних регіонів України, стикається з проявами кліматичних змін, що включають часті засухи, зміни температурного режиму та аномалії у випаданні опадів. Такі фактори значно впливають на ріст та розвиток озимої пшениці. Аномально тепла зима може призвести до відсутності необхідного снігового покриву, що є важливим фактором для нормального перезимування рослин.

У свою чергу, періоди посухи, які стали частішими, особливо в літній період, призводять до скорочення кількості доступної вологи в ґрунті, що обмежує потенціал врожайності пшениці. Кліматичні зміни стають все більш відчутними у всіх куточках світу, і агропромисловий сектор, зокрема вирощування озимої пшениці, безпосередньо відчуває їхній вплив. У зв'язку з цим адаптація агротехнічних методів до нових кліматичних умов є важливим напрямком сучасного сільськогосподарського виробництва. У цьому контексті вплив кліматичних змін на технологію вирощування озимої пшениці потребує особливої уваги [2].

Одним із основних факторів, що визначають успішне вирощування озимої пшениці, є перезимівля. Зміни клімату призводять до того, що зими стали теплішими і коротшими. Відсутність достатнього снігового покриву в зимовий період може призвести до того, що посіви озимої пшениці не зможуть в повній мірі пройти період спокою і будуть більш вразливими до морозів. У таких умовах потрібні зміни в технології вирощування, зокрема, вибір сортів, стійких до низьких температур або впровадження технологій, які знижують ризик замерзання.

Також підвищення температури може сприяти більш ранньому розвитку рослин навесні, що іноді призводить до передчасного викиду колоса або

передчасного цвітіння, що знижує врожайність. Тому фермери мають адаптувати свої технології для підтримки оптимального розвитку рослин у нових умовах.

Кліматичні зміни спричиняють зміни в розподілі опадів, що може призводити до як надмірної вологи, так і до посухи. Для озимої пшениці особливо критичними є зміни в кількості та розподілі опадів протягом вегетаційного періоду.

У разі посухи, зниження рівня ґрунтових вод і нестача опадів у період розвитку рослин можуть істотно обмежити врожайність. Недостатній рівень вологи на етапі формування колоса зменшує кількість зерен і їхню масу, що є основними показниками врожайності. В таких умовах зростає важливість збереження вологи в ґрунті, що вимагає застосування адаптованих агротехнічних заходів: зменшення глибини обробітку ґрунту, використання мульчування, застосування сучасних систем зрошення.

Водночас, надмірні опади можуть призвести до заболочування полів та розвитку кореневих гнилей, що також негативно позначається на врожайності. Для боротьби з цією проблемою важливо застосовувати дренажні системи та поліпшення водовідведення з полів [3].

З підвищенням температури та змінами в режимі опадів зростає тривалість вегетаційного періоду. Це може створити можливість для зміщення термінів сівби або вибору більш ранніх сортів пшениці. Однак ця зміна не завжди має позитивний ефект. Подовжений вегетаційний період може призвести до незібраного урожаю через несвоєчасне дозрівання, особливо в разі більш частих дощів або різких змін температури. Тому важливо адаптувати календар сівби та підбирати сорти, які здатні адаптуватися до нових умов.

Для успішного вирощування озимої пшениці в умовах зміни клімату агровиробники повинні застосовувати комплекс адаптаційних заходів, серед яких:

- **Вибір сортів пшениці:** Використання сортів, стійких до посухи, тепла, а також стійких до хвороб і шкідників, які можуть активізуватися в нових кліматичних умовах.
- **Агротехнічні методи:** Оптимізація часу сівби, застосування технологій збереження вологи в ґрунті, мінімізація обробітку ґрунту для збереження його структури та вологи, використання сівозмін та багаторічних трав для покращення родючості ґрунтів.
- **Інноваційні методи обробітку:** Впровадження точного землеробства, використання дронів для моніторингу стану посівів та оптимізації внесення добрив і засобів захисту рослин.

Кліматичні зміни мають значний вплив на технологію вирощування озимої пшениці. Зміни температурних режимів, зміщення розподілу опадів та зміна тривалості вегетаційного періоду створюють нові виклики для агровиробників. Однак правильний вибір сортів пшениці, використання сучасних агротехнологій та адаптація до нових кліматичних умов дозволяють забезпечити стабільні врожаї навіть в умовах постійних кліматичних змін. Для досягнення високих результатів необхідно постійно моніторити зміни клімату та вдосконалювати методи вирощування, що забезпечить сталість сільськогосподарського виробництва [1].

Список використаних джерел:

1. Черенков А.В., Нестерець В.Г., Солодушко М.М., Гасанова І.І. та ін. Пшениця озима в зоні Степу, кліматичні зміни та технологія вирощування: монографія. Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2015. 548 с.
2. Гамаюнова В.В., Корхова М.М., Панфілова А.В. та ін. Пшениця озима: ресурсний потенціал та технологія вирощування: монографія. Миколаїв: МНАУ, 2021. 300 с.
3. Шакалій С. М., Храпач А. О. Актуальні напрямки і проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва. Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої 75-річчю заснування кафедри селекції, насінництва і генетики. Полтава: ПДАУ, 2023. С. 161-163.

АСОРТИМЕНТ НЕТРАДИЦІЙНОЇ ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ: СЕЛЕКЦІЙНИЙ АСПЕКТ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗБАГАЧЕННЯ ТА ІМПОРТОЗАМІЩЕННЯ

Позняк О.В. (сел. Крути, Чернігівська обл.)

Кондратенко С.І. (сел. Селекційне, Харківська обл.)

На сьогодні та найближчу перспективу – період повоєнної відбудови України актуальним завданням розвитку агропромислового комплексу держави є покращення видового складу та, відповідно, сортименту овочевих рослин, за рахунок створення сортів малопоширених видів, придатних до вирощування у різних агрокліматичних зонах країни. Проблемою залишається вузький асортимент створюваних вітчизняними науковими установами сортів овочевих рослин, зокрема зеленних, малопоширених і багаторічних видів [1]. Особливо в сучасних умовах актуальним напрямом селекційних досліджень є створення вітчизняного сортименту овочевих рослин, які відсутні у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні [2] і до недавнього часу імпортувалися з-за кордону (переважно – з країни-агресора). Отримання вітчизняних конкурентоспроможних селекційних розробок сприятиме повному імпортозаміщенню та дозволить вирощувати цінну овочеву продукцію виключно за рахунок використання насіння вітчизняних сортів малопоширених видів рослин [3].

Цінними видами рослин, перспективними для використання у вітчизняному овочівництві, але сорти яких відсутні у Державному реєстрі сортів рослин, придатних для поширення в Україні [2], є хризантема увінчана (*Chrysanthemum coronarium* L., синонім - *Glebionis coronaria* (L.) Cass. ex Spach.) та цибуля багатоярусна (*Allium proliferum* Schrad., синонім - *Allium fistulosum* var. *viviparum* Makino./Proh.).

Дослідження у напрямі селекції малопоширених видів рослин овочевого напрямку використання в установі проводяться за завданням 20.00.01.26. П «Розширення генофонду сортів і ліній малопоширених видів рослин овочевого напрямку використання, придатних до органічних технологій вирощування», що є складовою частиною програми наукових досліджень Національної академії аграрних наук України 20 «Селекція і технології виробництва овочевих та баштанних культур» «Овочівництво і баштанництво», завдання першого рівня 20.00.01 «Теоретико-методологічна база селекційного процесу створення стресотолерантних сортів і гібридів овочевих і баштанних культур на основі сучасних методів генетики та біотехнології». Селекційна робота про водиться за загальноприйнятими методичними рекомендаціями з урахуванням біологічних особливостей досліджуваних видів рослин [4], оцінка селекційного матеріалу на відмінність, однорідність і стабільність - за методиками Українського інституту експертизи сортів рослин [5, 6].

Овочеві форми хризантеми увінчаної формують розетку соковитих листків. Продуктивними органами є листки, молоді пагони та пуп'янки [7]. Рослина синтезує важливі біологічно активні речовини: вітаміни, каротини, мікро- і макроелементи, прості та складні вуглеводи, протеїни, флавоноїди, лактони, ефірну олію; зелену масу використовують як дієтичний харчовий продукт [8].

На Дослідній станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН у розсаднику конкурсного сортовипробування хризантеми увінчаної проведена оцінка 4 перспективних зразків; за поєднанням урожайності зеленої маси та періоду господарської придатності виділений зразок Л-2024/4Х, урожайність якого становить 21,1 т/га, що на 131,8 % більше за стандарт (сорт густо облистяний, у салатній стадії формує соковиті пагони першого порядку, що придатні для вживання у свіжому вигляді); період господарської придатності триває 19 діб, що на 7 діб більше за стандарт. Зразок середньостиглий, початок

збиральної стиглості настає на 29 добу після масових сходів (на 3 доби пізніше за стандарт). Створені в установі перспективні форми Л-2024/1Х, Л-2024/2Х та К-2024/3Х також переважають стандарт за основними господарсько-цінними показниками (урожайність зеленої маси більша за стандарт на 37,4-75,8 %, період господарської придатності триває на 2-3 доби довше).

Цибуля багатоярусна заслуговує на більшу увагу з боку вітчизняних овочівників, адже її вирощування і використання може значно збагатити асортимент вітамінної продукції [9]. Це морозо-, зимо- та холодостійка рослина. На одному місці до 5 років (при багаторічній культурі). При цьому щорічно збільшується кількість цибулин у гнізді, а відтак зменшується площа живлення окремих цибулин і рослини (гнізда) в цілому. Оскільки рослини відростають рано навесні (листки з'являються ще під снігом), для отримання ранньої продукції ділянки вибирають з південною експозицією, що добре прогріваються сонцем і рано звільняються від снігового покриву, або використовують тимчасові укриття. Повітряні цибулини з 2-4 ярусів доцільно використовувати для закладання товарних плантацій за загущеними схемами висаджування [10].

З метою створення конкурентоспроможних вітчизняних сортів цибулі багатоярусної в установі триває селекційна робота з цим видом. За результатами проведених досліджень створені 2 перспективні форми цибулі багатоярусної - Л-2024/1Ц та Л-2024/2Ц, у розсаднику конкурсного сортовипробування проводиться їх комплексна оцінка. Стандарт – місцева популяція (аналог, вихідна форма зразка Л-2024/1Ц) (К-70/24т). Дата висаджування повітряних цибулин - 3 вересня 2023 р. Рослини восени добре укорінилися і перезимували без додаткового укриття (зимостійкість усіх зразків становила 9 балів). Масове відростання у 2024 році спостерігалось 2 квітня. Початок збиральної стиглості настав у стандарту та зразка Л-2024/2Ц 2 травня, тобто на 30 добу після масового відростання, у зразка Л-2024/1Ц – 29 квітня – на 3 доби раніше за стандарт.

Урожайність зеленої маси зразка Л-2024/1Ц становить 23,8 т/га, зразка Л-2024/2Ц – 22,0 т/га, що на 30,8 % та 20,9 % відповідно більше за стандарт. За морфолого-біометричними показниками зразок Л-2024/1Ц переважає стандарт – вихідну популяцію – за всіма основними біометричними показниками. Зразок Л-2024/2Ц виділений як оригінальний за ознаками «мала кількість повітряних цибулинок у першому ярусі» - 4 шт. при 19 шт. у стандарті та «великий діаметр цибулинок у першому ярусі» - 2,8-3,2 см при 1,6-1,8 см у стандарті. Комплексна оцінка перспективних зразків цибулі багатоярусної селекції ДС «Маяк» ІОБ НААН буде продовжена у 2025 р. За її результатами кращий зразок буде переданий до компетентного органу для проведення науково-технічної експертизи з метою реєстрації сорту та прав на нього.

Комплексна оцінка перспективних форм хризантеми увінчаної овочевого напрямку використання та цибулі багатоярусної буде продовжена у 2025 р., за результатами кращі зразки будуть передані до компетентного органу для проведення науково-технічної експертизи з метою реєстрації вітчизняних сортів та прав на них.

На Дослідній станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН з метою збагачення асортименту овочевої продукції проводиться селекційна робота зі створення конкурентоспроможних сортів малопоширених овочевих рослин - хризантеми увінчаної та цибулі багатоярусної; створені перспективні форми з високими показниками продуктивності та адаптивності, проводиться їх конкурсне сортовипробування та розмноження.

Список використаних джерел:

1. Кравченко В. А., Гуляк Н. В. Підвищення ефективності селекції і насінництва овочевих рослин. Овочівництво і баштанництво : міжвід. темат. наук. зб-к. Харків: ТОВ «Виробниче підприємство «Плеяда», 2014. Вип. 60. С. 15-19. 2. Державний реєстр сортів рослин придатних для поширення в Україні_04.03.2025 р. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin>. 3. Позняк О. В., Кондратенко С. І. Створення вітчизняних сортів малопоширених видів рослин як фактор розширення асортименту овочевої продукції та імпортозаміщення в умовах сьогодення і післявоєнної відбудови України. Консолідація заради майбутнього: наукові здобутки вчених задля перемоги та післявоєнної відбудови України: збірник тез Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених та спеціалістів (29 серпня 2024 р., м. Полтава, Україна) [Електронне видання] / НААН, Інститут свинарства і АПВ НААН,

Полтав. держ. с.-г. досл. станція ім. М. І. Вавилова. Полтава, 2024. С. 19-23. 4. Сучасні методи селекції овочевих і багаторічних культур / За ред. Т.К. Горової і К.І. Яковенка. Харків, 2001. 644 с. 5. Методика проведення експертизи сортів рослин групи лікарських та ефіроолійних на відмінність, однорідність і стабільність. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/Meth_DUS/Method_meds2020.pdf. С. 747-755. 6. Методика проведення експертизи сортів рослин групи овочевих та грибів на відмінність, однорідність і стабільність. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/Meth_DUS/2023/Method_vegetable.pdf. С. 896-905. 7. Дидів О. Й., Дидів І. В., Дидів А. І. Хризантема – квітка та овоч: перспективи вирощування. Особливості адаптивної селекції і насінництва багаторічних культур в умовах Південного степу України: матеріали Всеукраїнської заочної наукової конференції, присвяченої 50-річчю від дня створення Херсонської селекційної дослідної станції багаторічності (08 жовтня 2020 р., м. Гола Пристань, Херсонська область, Україна). Гола Пристань: 2020. С. 57-58. 8. Іващенко І. В., Рахметов Д. Б., Котюк Л. А. Сезонні ритми розвитку рослин *Glebionis coronaria* (L.) Cass. ex Spach. в Центральному Поліссі України. Біологія та екологія. 2022. Том 8. № 1. С. 34-39. 9. Позняк О.В. Цінний вид для вітчизняного овочівництва – цибуля багаторічна. Основні, малопоширені і нетрадиційні види рослин – від вивчення до освоєння (сільськогосподарські і біологічні науки): Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції (у рамках IX наукового форуму «Науковий тиждень у Крутах – 2024», 13-14 березня 2024 р., с. Крути, Чернігівська обл.) / ДС «Маяк» ІОБ НААН: у 3 т. Обухів: Друкарня ФОП Гуляєва В.М., 2024. Т. 2. С. 178-184. 10. Позняк О.В. Цибуля багаторічна (*Allium fistulosum* var. *viviparum* Makino./Proh.) – перспективний вид для вітчизняного овочівництва. Інформаційний листок. Чернігів: Підрозділ ОД ЦНП, 2015. № 6-2015. 5 с.

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ ТА ПРИРОДНИХ ФАКТОРІВ НА ЗМІНУ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ГУМУСУ

Глущенко Л. Д. (м. Полтава)

Органічна речовина ґрунту та її складова – гумус забезпечують стабільність ґрунтової системи і належать до найважливіших діагностичних ознак функціонування ґрунту [1]. Нині в усіх зонах України спостерігається від’ємний баланс гумусу, що пов’язано з істотним зменшенням застосування органічних добрив і зниженням питомої ваги в сівозмінах багаторічних трав [2]. Такий гумусний стан ґрунтів потребує докорінної корекції сучасних систем землеробства і розробки заходів, які забезпечили б досягнення бездефіцитного балансу органічної речовини й енергії в ґрунті як базису сталого розвитку аграрних виробничих систем [3].

Дослідження про вплив органо-мінеральних добрив, та перелогу проходило у стаціонарних дослідах на дослідному полі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М. І. Вавилова у с. Степне. Це центральна частина Східного Лісостепу України майже на умовній межі із Північним Степом і Південним Лісостепом – зона недостатнього зволоження. Середня багаторічна кількість опадів становить 519,3 мм за рік і температурою повітря 8,0°C. Кількість опадів у окремі роки варіює у значних межах – від 283 мм до 954 мм. Ґрунтовий покрив дослідного поля – чорнозем типовий середньогумусний важкосуглинковий. Схема досліду приведена у таблиці 1.

Мета досліджень – провести порівняльну оцінку ефективності різних варіантів застосування добрив у сівозміні та природних факторів на зміну фракційного складу ґрунту чорнозему типового.

При вивченні впливу тривалого застосування різних систем удобрення у сівозміні і перелозі на органічну частину ґрунту відмічено істотні зміни якісного складу гумусових речовин. Потрібно зауважити, що на величину цього показника мають вплив як агротехнічні прийоми, що вивчаються у досліді, так і переліг. Встановлено, що співвідношення ГК-1 до суми ГК (гумінові кислоти) на контролі та перелозі знаходилося в укр. низькому діапазоні, відповідно: 9,8 і 3,3. В той же час на удобрених ділянках воно змінилося і уже дорівнювало таким показникам: від 12,6 (побічна продукція + гній) до 17,1 (побічна продукція + деструктор + $N_{32}P_{32}K_{32}$) (табл. 1).

Таблиця 1.

Вплив тривалого застосування різних систем удобрення у сівозміні на фракційний склад гумусу чорнозему типового важкосуглинкового, (0–20см)

Показники	Системи удобрення				
	Побічна продукція (контроль)	Побічна продукція + гній 10 т/га	Побічна продукція + гній + $N_{32}P_{32}K_{32}$	Побічна продукція + деструктор + $N_{32}P_{32}K_{32}$	Переліг
	9,8	12,6	13,1	17,1	3,3

ГК–1,% до суми ГК	український	дуже низький			український
ГК–2,% до суми ГК	48,4	63,9	67,5	66,3	70,5
	середній	Високий			
ГК–3,% до суми ГК	20,7	29,6	30,7	28,4	26,7
	Високий				
С залишку, що не гідролізується, % до С загального	33,9	35,3	32,7	35,8	42,6

Розглядаючи дані співвідношення ГК-2 (кислоти, що зв'язані з кальцієм) до суми гумінових кислот встановлено протилежний взаємозв'язок цих двох величин. Відмічено, що на перелозі воно було високим і становило 70,5 одиниць, тоді як на удобрених ділянках їх величина знаходилась у таких межах від 63,9 (побічна продукція + гній) до 67,5 (побічна продукція + гній + $N_{32}P_{32}K_{32}$), та відповідало високому рівні, а на контролі 48,4 – середньому показнику.

Ще в іншій парадигмі відбувалася трансформація цього показника між ГК-3 і сумою гумінових кислот, де він знаходився на високому рівні незалежно від впливу на ґрунт різних чинників антропогенного та природного походження.

Варто відмітити, як показали дослідження біо і агроценозів, вони по – різному впливали на фракційний склад гумусу. Він знаходився у діапазоні від українського низького до високого.

Список використаних джерел:

1. Скрильник Є.В., Гетманенко В.А., Кутова А.М. Розрахункові моделі балансу гумусу як показника агроекологічної стабільності організації землекористування. *Наукові горизонти (Scientifichorizons)*. 2018. №7 – 8 (70). С. 139–144.
2. Статистичний збірник «Сільське господарство України» за 2016 рік. Державна служба статистики України, 2016. 246 с.
3. Тарарико Ю.О. Формування сталих агроecosистем: теорія і практика. Київ: Аграрна наука, 2005. 508с.

ДИНАМІКА ВМІСТУ ГУМУСУ У ЧОРНОЗЕМІ ТИПОВОМУ ПО ПАРУ НА ПРОТЯЗІ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Глущенко Л.Д., Лень О.І., Тоцький В.М. (м. Полтава)

Сучасне землеробство характеризується значними витратами техногенної енергії [1]. В Україні одним з обмежувальних факторів високої продуктивності культури є недостатні запаси доступної вологи в ґрунті [2]. Відомо, що за ідентичних погодних умов найбільше, у сівозміні, накопичує вологу той ґрунт, який перебуває під паром. За сучасних економічних, агротехнічних і екологічних умов господарювання аграріїв відбувається скорочення парового простору. Все це приводить до зменшення коефіцієнту перенесення вологи, особливо за відсутності майже макропор, характерних для переущільненого шару плужної підшви [3]. Поряд з цим у характерній для пару динаміці відбуваються агрохімічні та агрофізичні процеси. Визначення, в якій парадигмі проходить еволюція гумусу у чорноземі типовому, який на протязі тривалого часу перебуває під паром, і було метою наших досліджень.

Експериментальну частину роботи виконано у стаціонарному досліді на дослідному полі Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М. І. Вавилова у с. Степне. Це центральна частина Східного Лісостепу України майже на умовній межі із Північним Степом і Південним Лісостепом – зона недостатнього зволоження. Схема досліді приведена у таблиці.

Середня багаторічна кількість опадів становить 519,3 мм за рік і температурою повітря 8,0°C. Кількість опадів у окремі роки варіює у значних межах – від 283 мм до 954 мм. Ґрунтовий покрив дослідного поля – чорнозем типовий середньо гумусний важко суглинковий.

Метою досліджень було вивчення впливу довготривалого перебування ґрунту під чорним паром на зміну величини показника гумусу.

Розглядаючи трансформацію гумусу у ґрунті, який на протязі 58 років проведення досліджень утримувався під чорним паром, було встановлено, що ці перетворення відбувалися у такій парадигмі: за перші 11 років (1964–1974 рр.) у 0–20 і 21–40 см шарах ґрунту середній показник цієї органічної речовини зменшився на 5,50 і 1,76 т/га, або за кожний рік це становило – 0,50 і 0,16 т/га (табл.1).

Таблиця 1.

Зміна вмісту гумусу у чорноземі типовому по пару на протязі проведення досліджень, %

Шар ґрунту, см	Роки									
	1964	1969	1974	1978	1984	1998	2004	2012	2019	2022
0–20	5.12	4,91	4,95	4,55	4.42	4,40	4,01	3.90	3,88	3,71
21–40	5,09	4,95	5,01	4,60	4,34	4,49	4,03	4,12	3,91	3,73

Варто відмітити, що за наступні 10 років (1975–1984 рр.), інтенсивність зменшення гумусу було найбільшим і відповідно по ґрунтовому профілю проходило таким чином: 11,66 і 14,47 т/га та 1,17 і 1,45 т/га. За інші 14 років (1985–1998рр.) дегуміфікація сповільнилася і її показники були наступними: у верхньому горизонті знизилась на 0,44 т/га і 0,03 т/га, а у нижньому навіть підвищились на 3,24 т/га і 0,23 т/га. За наступні 13 років спостережень (1999–2012 рр.) процес втрат гумусу здійснювався на такому рівні, відповідно до відбору ґрунтових зразків – 10,80 і 8,14 т/га та 0,83 і 0,63 т/га. На 3,96 і 8,42 т/га та 0,40 і 0,84 т/га відбулося падіння гумусу за період з 2013 по 2022 роки (10 років спостережень).

У цілому за роки проведення досліджень у чорноземі типовому, який находився під чорним паром, гідроліз гумусу переважав над синтезом у 0–20 см шарі ґрунту на 32,36 т/га, у 21–40 см на 32,76 т/га, або у середньому кожного

року зменшення цієї органічної речовини, для обох горизонтів, відбувалося на одному рівні і становило 0,56 т/га.

Список використаних джерел:

1. Господаренко С.Г. Економічна ефективність мінеральної системи удобрення в польовій сівозміні. Матеріали конф. Молодих учених. Редкол.: П.В. Костогриз. (відп. ред.) та ін.. Умань, 2004. С. 39–40. 2. Єрмолаєв М.М. Водний режим чорнозему типового в короткоротаційних зернових сівозмінах/М.М. Єрмолаєв, Л.І. Шиліна, Д.В. Літвінов// Зб. Наук. пр.. Ін-ту землеробства УААН. 2002. Спецвипуск. С. 161–166. 3. Медведев В.В. Агро- і екофізика почв. Харків: ООО «Полосатая типография», 2015. 312 с.

АГРОПРОМИСЛОВИЙ КОМПЛЕКС УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО ЧАСУ

Панченко Т.В., Горновська С.В. Козак Л.А. (м. Біла Церква)

Агропромисловий комплекс України традиційно виступає основним драйвером економіки, забезпечуючи не лише внутрішні потреби країни, але й значний експортний потенціал. Проте останні роки стали надзвичайно складними для галузі. Вторгнення росії на нашу територію і повноцінні військові дії загарбника спричинили втрату частини сільськогосподарських угідь, руйнування логістичної та виробничої інфраструктури, знищення сільськогосподарської техніки, об'єктів зберігання та переробки продукції. Частина територій залишається тимчасово окупованою або замінованою, що унеможливорює повноцінне ведення сільського господарства.

Згідно статистичних даних виробництво продукції АПК зазнало значних змін. Так, валовий збір зернових культур в Україні за 2020-2024 роки показує тенденцію зниження (рис. 1.). Виробництво зерна зменшилося порівняно з 2020-2021 роками у 2022 році на 18,81-36,79 %. В наступні роки спостерігається незначне зростання виробництва зерна, про те обсягів довоєнного часу так і не набуло. У 2023 році зниження виробництва на 8,72-28,93 %, у 2024 році – 5,20-26,19 %.

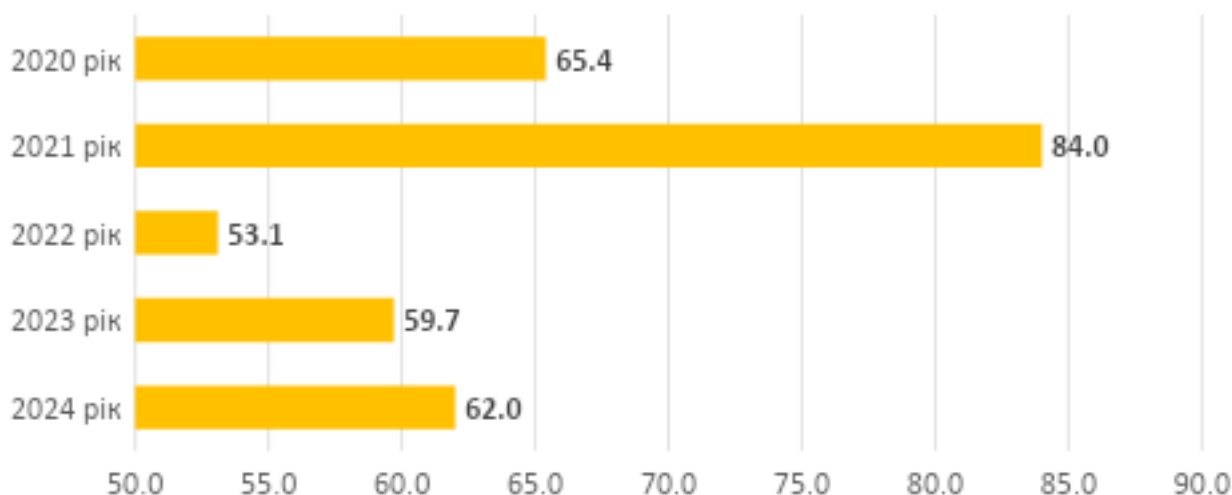


Рис. 1. Валовий збір зерна в Україні за 2020-2024 рр. млн. тон

Аналіз ринку виробництва молока [1] в Україні (млн. т), показує тенденцію постійного падіння (рис. 2.). Зниження виробництва молока у 2022-2024 роках порівняно з довоєнними роками становить 16,1-21,2 %.



Рис. 2. Виробництво молока в Україні за 2020-2024 рр. млн. тон

Проте, ринок виробництва курятини в Україні відносно стабільний з незначним зниженням у 2024 році. (рис 3.) [2, 3]. Українські підприємства постійно шукають ринки збуту за межами держави і найбільшими експортерами у 2024 році стали: Нідерланди – 16,8 %; Саудівська Аравія – 13,4 %; Ірак – 7,9 %; Словаччина – 7,5 %.



Рис. 3. Виробництво курятини в Україні за 2020-2024 рр. млн. тон.

Значним економічним викликом стала втрата доступу до традиційних морських шляхів експорту через блокаду. Блокада чорноморських портів суттєво вплинула на обсяги експорту зерна. У 2021/2022 маркетинговому році (липень 2021 – червень 2022) Україна експортувала 48,5 млн тон зерна. Проте в 2022/2023 році обсяги експорту зменшилися на 10,8 %, склавши 40,6 млн тон [4].

Перенавантаження залізничних та автомобільних коридорів, зростання логістичних витрат і порушення контрактних умов на зовнішніх ринках погіршили економічні показники діяльності аграрних підприємств. Незважаючи на ці труднощі, Україна змогла частково компенсувати втрати, використовуючи альтернативні маршрути експорту через Дунайські порти та західні сухопутні кордони.

Усе це відбувається на тлі глобальних змін клімату, що зумовлюють зниження стабільності врожаїв, потребу в зміні агротехнологій та впровадженні більш адаптивних практик землеробства. Посухи, надмірні опади, температурні аномалії змінюють агрокліматичний потенціал регіонів, що раніше були умовно стабільними в агровиробництві [5].

Однією з критичних проблем стала нестача трудових ресурсів. Через евакуацію населення з небезпечних територій, мобілізацію працездатних громадян, а також виїзд за кордон значної частини сільського населення аграрні підприємства стикаються з дефіцитом кваліфікованих кадрів. За даними Управління Верховного комісара ООН у справах біженців (UNHCR), станом на

лютий 2025 року приблизно 10,6 мільйонів осіб були змушені покинути свої домівки внаслідок війни [6]. Також значним стримувальним чинником розвитку є обмеженість фінансування. Доступ до кредитів, інвестиційних ресурсів, аграрного страхування та лізингових програм залишає бажати кращого, що ускладнює модернізацію господарств та впровадження інноваційних технологій.

Проблемною залишається й структура агропромислового виробництва. Україна переважно експортує сировинну продукцію з низькою доданою вартістю, що робить економіку АПК вразливою до коливань цін на глобальних ринках. Недостатній рівень розвитку переробної промисловості зменшує конкурентоспроможність і обмежує внутрішній ринок.

У цій ситуації важливо не лише зберегти, а й трансформувати агросектор у напрямку стійкого розвитку. Необхідно стимулювати впровадження енергоефективних і кліматично адаптованих технологій, розвивати цифровізацію агровиробництва, підтримувати створення кооперативів, локальних переробних потужностей і логістичних кластерів. Важливо, також оновити державну аграрну політику з акцентом на безпеку виробництва, доступ до фінансування, страхування, науковий супровід та підвищення соціальної стійкості сільських територій.

Попри всі труднощі, агропромисловий комплекс України демонструє високу здатність до адаптації й зберігає значний потенціал для подальшого розвитку. За умови ефективної взаємодії держави, бізнесу, наукової спільноти та міжнародних партнерів можливе не лише відновлення довоєнних показників, а й побудова якісно нової моделі функціонування АПК, зорієнтованої на стійкість, ефективність і глобальну інтеграцію.

Список використаних джерел:

1. О. Бублик. Підприємства наростили на 5 % виробництво молока за 10 місяців. *AgroTimes*, 2024. URL: https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/pidpryyemstva-narostyly-na-5-vyrobnyctvo-moloka-za-10-misyacziv/?utm_source=chatgpt.com
2. Сергій Горлач. Упевненим кроком. *AgroTimes*, 2024. URL: https://agrotimes.ua/interview/upevnenym-krokom/?utm_source=chatgpt.com
3. В Україні прогнозують зростання у галузі птахівництва. *Харчові технології*. 2024. URL: <https://harch.tech/2024/10/09/v-ukrayini-prognozuyut-zrostannya-u-galuzi-ptahivnyctva/>
- 4.

Ukraine reduced grain exports by 10.8% to 40.6 million tons from the beginning of 2022/2023. URL: https://ukragroconsult.com/en/news/ukraine-reduced-grain-exports-by-10-8-to-40-6-million-tons-from-the-beginning-of-2022-2023/?utm_source=chatgpt.com

5. Горновська С. В., Хаба Г. М. Перспективи впровадження інноваційних технологій в сільському господарстві України. Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (м. Біла Церква, 21 жовтня 2021 року). Біла Церква, 2021. С. 1113.

6. People still being forced to flee as the war in Ukraine continues. URL: https://www.unhcr.org/ua/en/news/stories/people-still-being-forced-flee-war-ukraine-continues?utm_source=chatgpt.com

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СПАДКОВОСТІ ТА ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РОСТУ ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ СВИНЕЙ

Шаферівський Б.С. Ільченко М.О. (м. Полтава)

У даний час розведення свиней дає змогу не лише забезпечити продовольчу безпеку країни, але й слугує складовою економічного та соціального розвитку країни [2]. Забезпечення конкурентоспроможності галузі свинарства обумовлено, у першу чергу, генетичним потенціалом тварин за м'ясними й відгодівельними ознаками [3]. В останні роки в Україні значно скоротилися кількість порід, поголів'я свиней та суб'єктів господарювання по їх розведенню через ряд об'єктивних та суб'єктивних причин [5], за все більшої кількості імпортованого поголів'я навіть в племінних стадах. При цьому незаперечною є ефективність використання свиней зарубіжного походження не лише для створення гібридного поголів'я, але й нових типів чи ліній [1, 9].

Проблемою для племінного свинарства стало те, що нівелюється значення чистопородного розведення та розведення за лініями і родинами, а завезені тварини здебільшого залишаються в стаді як родоначальники нових ліній або родин, хоча вони здебільшого не є видатними й не передають потомству свої спадкові ознаки [4, 6].

Інтенсифікація розвитку галузі свинарства в Україні узгоджується з поліпшенням племінної бази [8], яка б вбачала раціональні методи оцінки і

підбору свиней для збереження вітчизняного поголів'я та удосконалення продуктивності існуючих і створених порід, типів і ліній.

Тому метою нашої роботи було проведення аналізу впливу спадковості та закономірностей росту під час вирощування свиней.

Дослідження проведені на свинях великої білої породи різних родин та умовної кровності за великою білою породою зарубіжного походження в умовах племінного репродуктора ТОВ «Агрофірма «Маяк» Полтавської області. Одержані результати експериментальних досліджень були опрацьовані методами варіаційної статистики [7] за допомогою прикладної програми MS Excel 2003.

Дослідженнями встановлено деяку мінливість живої маси тварин не лише в залежності від генеалогічного формування, але й породності тварин, тобто відсотку умовної кровності великої білої породи зарубіжного походження в їх генотипі. Особливо ця різниця відмічалася із збільшенням віку ремонтних свинок.

Слід вказати, що в усі вікові періоди свинки, які мали 50% та 75% умовної кровності за великою білою породою зарубіжного походження, характеризувалися вищими показниками живої маси, ніж чистопородні тварини. Так, чистопородні свинки родини Волшебниці у віці 2 місяці поступалися ровесникам з 50% і 75% спадковості свиней зарубіжного походження на 2 – 6 кг ($p \leq 0,01$), 4 місяці – 3 – 8 кг ($p \leq 0,01$), 6 місяців – 3 – 6 кг, 6 місяців – 3 – 10 кг. Аналогічна ситуація встановлена й щодо родин Чорної Птички та Герані.

Порівняльний аналіз свинок різних родин за живою масою під час вирощування вказує на те, що кращі показники майже в усі періоди росту мали представниці родини Волшебниці.

Однофакторний дисперсійний аналіз дозволив визначити силу впливу умовної кровності свиней на їх живу масу, яка достовірною та відчутною виявилася у віці 6 місяців (6,22%, $p \leq 0,001$) та 8 місяців (11,37%, $p \leq 0,001$).

Таким чином, під час вирощування з 2-х до 8-ми місячного віку вищими показниками живої маси характеризувалися свинки, які мали 50% та 75% умовної кровності за великою білою породою зарубіжного походження. Сила впливу умовної кровності свиней на їх живу масу значущою була у віці 6 місяців (6,22%, $p \leq 0,001$) та 8 місяців (11,37%, $p \leq 0,001$).

Список використаних джерел:

1. Бордун, О.М., Халак, В.І., Усенко, С.О., Шаферівський, Б.С., Фесенко, О.Г., Хмельова, О.В. Продуктивність свиноматок великої білої породи французької селекції: оцінка та відбір високопродуктивних тварин за деякими полікомпонентними математичними моделями. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. Одеса. 2024. Вип. 139. С. 172–181.
2. Войтенко С.Л., Шаферівський Б.С. Генотип свиней і його вплив на відгодівельні ознаки. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2013. №1. С. 26 – 28.
3. Войтенко С.Л., Петренко М.О., Шаферівський Б.С., Карунна Т.І. Племінне свинарство України: виклики часу. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (3). С. 81–86.
4. Войтенко С.Л., Порхун М.Г., Сидоренко О.В., Ільницька Т.Є. Генетичні ресурси сільськогосподарських тварин України початку третього тисячоліття. *Розведення і генетика тварин*. 2019. Вип. 58. С. 110–119.
5. Геть, А., Супрун, І. Сучасний стан та перспективи розвитку вітчизняного племінного свинарства. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Тваринництво*. Суми. 2021. Вип. 2 (45). С. 146–152.
6. Ібатуллін М.І. Племінне свинарство в Україні: сучасний стан та проблеми вирішення. *Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету. Економічні науки*. 2016. № 3. С. 70–76.
7. Крамаренко С.С., Луговий С.І., Лихач А.В., Крамаренко О.С. Аналіз біометричних даних у розведенні та селекції тварин: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2019. 211 с.
8. Кремезь, М.І., Мироненко, О.І., Кузьменко, Л.М., Шаферівський, Б.С., Карунна, Т.І., Фесенко, О.Г., Ільченко, М.О. Ефективність дорожчування гнізда, однієї тварини та одиниці приросту чистопородних, помісних та гібридних поросят різного селекційного спрямування. *Scientific Progress & Innovations*, 2025. № 28 (1), 101–109.
9. Церенюк О.М., Гришина Л.П., Перетятко Л.Г. Аналіз племінної бази свинарства України. *Свинарство*. 2022. Вип. 77–78. С. 72–78.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІЙ ТА БІОІНЖЕНЕРНІЙ СФЕРАХ АПК

Семенов А.О., Скрипник В.О., Луценко М.О., Горбань О.С. (м. Полтава)

Ультрафіолетове (УФ) випромінювання, яке належить до оптичного діапазону електромагнітного спектру, відіграє важливу роль як природний фактор впливу на біологічні об'єкти [1]. Його властивості використовуються у багатьох галузях діяльності, включаючи повсякденне життя та науково-технічні

процеси [2]. Наукові дослідження підтверджують, що УФ-випромінювання є надзвичайно ефективним при знезараженні води й повітря, обробці поверхонь, а також у технологіях рециркуляції води при вирощування риби в закритих рециркуляційних системах [3, 4]. У галузі сільського господарства УФ-опромінення застосовується для передпосівної обробки насіння, що сприяє підвищенню його схожості та імунітету до збудників різних хвороб [5, 6].

Крім того, в умовах боротьби з вірусними захворюваннями, зокрема збудником COVID-19, УФ-технології виявилися перспективними як екологічно безпечний метод дезінфекції [7]. Особливо ефективним у цьому контексті є випромінювання з довжиною хвилі 253,7 нм [8], на яке найбільш чутливі патогенні мікроорганізми [9].

Завдяки розвитку промисловості та створенню потужних штучних джерел УФ-випромінювання, таких як ртутні та світлодіодні лампи, відбувся стрімкий розвиток УФ-технологій у різноманітних напрямках інженерії – як електротехнічної, так і біологічної.

Для ефективного застосування УФ-опромінення в знезаражувальних системах необхідним є точний контроль параметрів випромінювання, зокрема інтенсивності потоку, спектральної характеристики та тривалості впливу [12]. Це дозволяє досягти заданого рівня інактивації мікроорганізмів та забезпечити якісний результат.

Розглянемо ключові напрями, в яких УФ-випромінювання демонструє перспективне застосування в контексті електричної та біологічної інженерії:

- електроніка та оптоелектроніка (УФ-випромінювання використовується для виготовлення фотодетекторів, мікросхем та інших оптичних компонентів, особливо в системах ультраточного виробництва);

- сонячна енергетика – досліджується можливість використання УФ-діапазону для підвищення ефективності сонячних елементів та захисту фотоперетворювальних структур від деградації;
- телекомунікаційні технології – УФ-світло застосовується у високочастотних оптичних каналах зв'язку, що особливо актуально для бездротових середовищ, де важлива швидкість передачі;
- матеріалознавство та нанотехнології – опромінення в УФ-діапазоні дозволяє змінювати фізико-хімічні властивості полімерів, наноматеріалів і композитів, що сприяє розробці нових функціональних матеріалів;
- біоінженерія та агротехнології – УФ-опромінення використовується для стимулювання росту рослин, індукування захисних механізмів, стерилізації посівного матеріалу тощо;
- сенсори та вимірювальні прилади – технології на основі УФ-випромінювання впроваджуються в системах моніторингу параметрів середовища: товщини плівки, вологості, концентрації речовин;
- генетичні та молекулярні дослідження – вивчення дії УФ-світла на ДНК дозволяє проводити дослідження мутацій, структури геному та механізмів репарації;
- біореактори та ферментні системи – УФ-опромінення застосовується для активації певних біохімічних процесів, покращення ферментації або керування мікробіологічною активністю.

Таким чином, застосування ультрафіолетового випромінювання в електро- та біоінженерії відкриває широкі можливості для розвитку інноваційних технологій в агропромисловому секторі. Подальші дослідження у цьому напрямку сприятимуть не лише підвищенню ефективності виробничих процесів, а й зміцненню екологічної безпеки та біологічного контролю в умовах сучасного сільського господарства.

Список використаних джерел:

1. Semenov A., Popov S., Yakhin S., Yeleussinov B., Sakhno T. Assessment of the danger of using ultraviolet lamps in electrical systems. *Przegląd Elektrotechniczny*, 100, 2024, nr 2, 152-155.
2. The scientific foundations of ultraviolet radiation usage: effects, sources, and applications in water disinfection. Monographia //comp. Yeleussinov B., Sakhno T., Semenov A., Popov S. – Kyzylorda: 2024, 204 p. 190 c.
3. Semenov A., Vyzhva S., Sakhno T., Semenova N. Combined method of UV treatment and ozonation during water. *XV International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment»*, 17–19 November 2021, Kyiv, Mon-21-095.
4. Semenov A., Semenova K. Ultraviolet disinfection of water in recirculating aquaculture system: a case study at sturgeon caviar fish farm. *Acta agriculturae Slovenica*, 2022. 118(3), 1-4.
5. Semenov A., Sakhno T., Semenova K. Influence of UV Radiation on Physical and Biological Properties of Rapeseed in Pre-Sowing Treatment. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2021. 10(4), 217-223.
6. Semenov A., Sakhno T., Hordieieva O., Sakhno Y. Pre-sowing treatment of vetch hairy seeds, *vicia villosa* using ultraviolet irradiation. *Global J. Environ. Sci. Manage*, 2021. 7(4), 555-564.
7. Khan M., McDonald M., Mundada K., Willcox M. Efficacy of Ultraviolet Radiations against Coronavirus, Bacteria, Fungi, Fungal Spores and Biofilm. *Hygiene*, 2022. № 2. C. 120-131.
8. Семенов А.О. Особливості конструкції одноцокольних ламп для ультрафіолетового опромінювання. *Scientific Journal «ScienceRise»* №5/2 (4), 2014. С. 64-67.
9. Semenov A., Dugan O. Safety of ultraviolet lamps in biological influence systems. *The scientific heritage. Technical sciences*, Budapest, 2020. 1(53), 38-44.

СОРТОВИЙ ПОТЕНЦІАЛ СОНЯШНИКА: РИЗИКИ ВИРОЩУВАННЯ

Маренич М.М., Ласло О.О., Ромашко Д.Л. (м. Полтава)

Культура *Helianthus L.* в Україні є основним джерело рослинної олії. Вміст її в насінні варіюється залежно від генетичного потенціалу гібридів чи сортів. Наприклад, у сортів соняшника він становить 55–60%, тоді як у гібридів – 50–55%. Проте, незважаючи на дещо нижчий вміст олії, гібриди демонструють значно вищу продуктивність у порівнянні з традиційними сортами [3].

Щорічно на полях України висівають понад сотню гібридів соняшника як закордонного, так і вітчизняного оригінальних. Завдяки високому вмісту жиру та білка продукти переробки соняшника використовуються в харчовій та кондитерській промисловості. Обсяги виробництва соняшника поступаються лише ріпаку та сої.

Сучасні гібриди соняшника мають високий потенціал для збору олії, однак погодні умови щороку по-різному впливають на продуктивність насіння [3]. Для покращення якості соняшникового насіння і його продуктивності важливо

вдосконалити технологію вирощування, способи обробітку ґрунту та строки сівби. У зв'язку з цим, дослідження у даному напрямку є актуальними і необхідними, особливо в умовах змін клімату.

Численні дослідження свідчать, що температурний режим в початковій фазі росту та розвитку рослини є одним з найважливіших чинників, що сприяють продуктивності культури соняшника. Адже вплив температури тісно взаємопов'язаний з іншими екологічними аспектами, такими як рівень вологості, доступність поживних речовин, сонячна інсоляція, фізико-хімічні характеристики ґрунту, його засоленість та кислотність. Крім того, якість проведення сівби, характеристика насіннєвого матеріалу та генетичні властивості конкретного гібрида значно впливають на чутливість рослини до температурних умов [1]. Усі фактори, що обмежують урожайність соняшника, діють сукупно та можуть взаємодіяти один з одним, що визначає рівень його продуктивності.

Інноваційні ресурсо- та енергозберігаючі екологічно безпечні технології вирощування соняшника повинні забезпечувати комплексне проведення необхідних механізованих агрозаходів у визначені оптимальні строки, підбір попередників, що сприятиме формуванню оптимальних умов для розвитку та росту культури протягом вегетаційного періоду [2]. Загалом, технологія вирощування має бути спрямована на досягнення підвищених врожаїв соняшника при оптимальних трудових та матеріально-фінансових витратах.

Якісний посівний матеріал є ключовим фактором для забезпечення стабільного врожаю, стійкості рослин до захворювань та їхньої здатності пристосуватися до кліматичних умов.

Кожен гібрид соняшника вирізняється певними характеристиками, такими як чутливість до посухи, стійкість до захворювань, а також здатність забезпечувати максимальні врожаї в оптимальних умовах. Тому важливо не тільки звертати увагу на популярність гібриду, але й враховувати специфічні

фактори, які впливають на його успішність. Кліматичні умови зони Лісостепу потребують посухостійких або холодостійких сортів, відповідно до місцевих особливостей [1]. Тип ґрунту при цьому відіграє значущу роль, оскільки різні гібриди потребують різні показники забезпеченості поживними елементами та рівня кислотності. Стійкість гібридів соняшника до хвороб і шкідників дозволяє зменшити кількість обробок при захисті посівів. Крім того, варто враховувати термін дозрівання та тривалість вегетаційного періоду у кліматичній зоні. Генетичний потенціал врожайності соняшника визначає можливий рівень продуктивності урожаю, тому цей аспект також має бути врахований при виборі гібридів.

Список використаних джерел:

1. Троценко В.І. Соняшник: селекція, насінництво, технологія вирощування : монографія. Суми: Видавництво «Університетська книга», 2001. 184 с. 2. Попова М.М., Болдуєв В.І., Борисюк О.Д. Продуктивність соняшнику залежно від терміну повернення його на попереднє місце. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2004. Т. 1. Вип. 1. С. 132–134. 3. Борисенко В.В. Олійність та якість гібридів соняшника залежно від елемент. Таврійський науковий вісник, 2023. № 130. С. 17-22.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ МІЖВИДОВОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ ГАРБУЗОВИХ ВИДІВ РОСЛИН ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Кондратенко С.І., Ліннік З.П. (сел. Селекційне Харківської обл.)

В Україні найбільшого розповсюдження набули три вида гарбуза: великоплідний (*C. maxima* Duch.), мускатний (*C. moschata* Duch.) та твердокорий (*C. pero* L.). Ці види належать до однієї родини і мають однакову кількість хромосом ($2n = 2x = 40$), але гібридизація між ними рідко буває успішною через проблеми перехресної несумісності, спричинені бар'єрами як до, так і після запліднення. Зокрема, бар'єри до запліднення можуть бути пов'язані з низькою життєздатністю пилку, нездатність пилку до проростання, варіаціями довжини пилкової трубки та типу квітки серед генотипів. Бар'єри після запліднення включають дегенерацію зародка або ендосперму [1].

Різними зарубіжними дослідниками були зроблені спроби створити міжвидові гібриди в роді *Cucurbita* із застосуванням традиційного запилення за використання великої кількості різноманітних генотипів та/або завдяки застосуванню з обмеженим успіхом біотехнологічної методики порятунку гібридних ембріонів в культурі *in vitro* [2, 3]. Зокрема, успіх міжвидової гібридизації між видами рослин роду *Cucurbita* за допомогою традиційного запилення було досягнуто для перенесення ознаки кустової форми рослин від *C. pepo* до *C. moschata*, стійкості до вірусу огіркової мозаїки від *C. moschata* до *C. pepo*, стійкості до вірусу жовтої мозаїки кабачків від *C. moschata* до *C. pepo* та стійкості до борошнистої роси від *C. okeechobeensis* до *C. moschata* та *C. pepo* [4, 5, 6, 7]. Порятунок гібридних ембріонів – це методика культивування *in vitro* незрілих або слабких гібридних ембріонів на штучних поживних середовищах для сприяння їх виживання і розвитку до стадії життєздатних рослин. Даний метод використовувався для створення міжвидових гібридів: між *C. moschata*, *C. pepo*, *C. ficifolia* та *C. martinezii* для розширення генетичної бази; *C. pepo* і *C. moschata* для підвищення стійкості до вірусу кільцевої плямистості папайї; *C. martinezii* та *C. pepo* для переносу генів стійкості до борошнистої роси та вірусу огіркової мозаїки [8, 9, 10].

Незважаючи на різноманітні дослідницькі проекти з міжвидової гібридизації серед представників роду *Cucurbita*, які проводилися у вітчизняних і закордонних селекційних центрах, все ще залишається кілька прогалин, які перешкоджають повному розумінню того, яка з використаних стратегій подолання постгамної несумісності і одержання фертильного потомства міжвидових гібридів була найбільш ефективною і відтворюваною [11]. Навіть якщо у гібридизації використовувати заявлені вихідні форми, лінії або сорти певних видів рослин, у яких було продемонстровано позитивні результати, то ключовим питанням залишається до кінця невизначена реакція інших генотипів рослин тих же видів на застосовану методику схрещування. Автори

опублікованих робіт проводили процедуру схрещування, в основі якої пряме нанесення пилку одного з партнерів гібридизації на приймочки жіночих квіток іншого без будь-яких модифікацій. Аналогічна ситуація спостерігається із проявом морфогенетичних реакцій рослинних об'єктів в культурі *in vitro*. Мова йде про метод порятунку незрілих гібридних зародків, похідних від гарбузових видів рослин на штучних поживних середовищах [12]. До теперішнього часу, для кожного економічно-важливого виду рослин домінує експериментальна практика застосування у біотехнологічних дослідженнях, так званих модельних генотипів, які було одержано після довготривалого емпіричного перебору умов росту і розвитку в культурі *in vitro*. Використання модельних генотипів у більшості випадків не дає чіткої уяви, щодо подолання явища різної варіабельності регенераційних потенцій в культурі *in vitro* інших, немодельних генотипів, з якими бажано проводити селекційну роботу. Принциповою відмінністю від існуючих аналогів штучної гібридизації несумісних видів рослин роду *Cucurbita* L. є додаткове використання регуляторів росту різного спектру морфофізіологічної дії для обробки жіночих квіток під час запилення. Даний експериментальний підхід успішно використовувався в Інституті овочівництва і баштанництва НААН для створення ліній-апоміктів перцю солодкого [13]. Дослід з міжвидової гібридизації було закладено у 2023 році на експериментальній базі Інституту овочівництва і баштанництва НААН, розташованому в агрокліматичній зоні Східного Лісостепу України (сел. Селекційне, Харківської обл., Україна). В якості батьківської форми використовувався гарбуз великоплідний (*C. maxima* Duch.) сорту Народний української селекції. Для одержання гібридного насіння у якості материнської форми використовували рослини кабачка-цукіні (*C. pepo* var. *giraumontia* Duch.). Зокрема, у досліді були задіяні 3 гібриди зарубіжної селекції Defender F₁, Patriot F₁ і Rimini F₁ (компанія “A. L. Tozer Ltd”, Велика Британія). Дослід проводився у польових умовах. Всього вивчалось два варіанта схрещування рослин кабачка і

гарбуза. Перший, дослідний варіант, передбачав одержання гібридного насіння шляхом комбінованого нанесення водної суміші регуляторів росту на основу стовпчиків і пилку гарбуза на приймочки жіночих квіток кабачка. Другий, контрольний варіант, передбачав тільки нанесення пилку гарбуза на приймочки жіночих квіток кабачка. В результаті застосування дослідного варіанту міжвидового схрещування з додатковим нанесенням суміші регуляторів росту виявлено повністю сформоване насіння у всіх трьох гібридних зразків. А саме, у гібриду Defender F₁ сформувалося 4 плоди з сумарною кількістю 183 насінини, у гібриду Patriot F₁ 2 плоди з сумарною кількістю 100 насінин, у гібриду Rimini F₁ сформувався лише 1 плід з наявністю 8 насінин. Відсоток сформованих плодів з потенційно гібридним насінням для материнської форми гібриду Defender F₁ становив 11,11 %, для гібриду Patriot F₁ – 5,56 % і для гібриду Rimini F₁ – 2,78 %. У контрольному варіанті схрещування, який передбачав тільки нанесення пилку гарбуза на приймочки материнських форм виявлено формування по одному плоду у гібриду Defender F₁ з наявністю 145 насінин і Rimini F₁ з наявністю 95 насінин. Сформоване насіння було невиповненим, з відсутнім ендоспермом та не мало здатності до проростання як у лабораторних, так і польових умовах [14].

У 2024 році з висіяного насіння вдалося отримати гібридні форми рослин F₁ (*Cucurbita pepo* var. *giraumontia* Duch. / *Cucurbita maxima* Duch.), які мали успадковану від материнського компонента кущову форму. Плоди міжвидових гібридів мали або еліптичну, або широкоеліптичну форму зеленого забарвлення з дрібними і щільними крапками та з більш темнішим і щільним забарвленням ребер. Листкові пластинки у міжвидових гібридних рослин відзначалися серцевидною або трикутною формами, з повною відсутністю, або дуже мілкою розсіченістю, інтенсивного зеленого забарвлення, інколи, з наявністю сріблястих плям з верхнього боку. Всього, з семи плодів, одержаних в результаті міжвидового схрещування у 2023 році за участю трьох гібридів кабачка Defender F₁, Patriot F₁ і Rimini F₁ вирощено сім сімейок рослин міжвидових гібридів F₁, які

були фертильними, що дало можливість провести їх розмноження шляхом самозапилення [15]. У 2025 році будуть продовжені дослідження з міжвидовим поколінням F_{1L} у напрямку визначення їх кількісних і якісних ознак та здатності проводити розмноження шляхом внутрішньопопуляційного запилення гібридних форм рослин в межах створених семи інцухт-поколінь.

Перспективний план роботи на найближчі три роки з міжвидової гібридизації представників роду *Cucurbita* L. передбачатиме доопрацювання способу схрещування з використанням екзогенної обробки регуляторами росту репродуктивних органів рослин *in planta* на компетентних стадіях їх розвитку для запилення. Зокрема, планується відпрацювати методологічні підходи створення складних міжвидових гібридів на основі гібридизації кабачка з гарбузом великоплідним (*Cucurbita pepo* var. *giraumtonia* Duch. / *Cucurbita maxima* Duch.) і гарбузом мускатним (*Cucurbita pepo* var. *giraumtonia* Duch. / *Cucurbita moschata* Duch.)). При цьому материнський компонент гібридизації – кабачок-цукіні буде проаналізовано на здатність виконувати генетичну функцію виду-посередника, здатного полегшити схрещуваність гарбуза великоплідного і гарбуза мускатного.

Список використаних джерел:

1. Kaur B., Garcha K.S., Sandhu J.S., Sharma M., Dhath A.S. Interspecific hybridization for transfer of hull-less seed trait from *Cucurbita pepo* to *C. moschata*. *Scientific Reports*. 2023. Vol. 13. Article number: 4627.
2. Šiško M., Ivančič A., Bohanec B. Genome size analysis in the genus *Cucurbita* and its use for determination of interspecific hybrids obtained using the embryo-rescue technique. *Plant Science*. 2003. Vol. 165. Iss. 3. P. 663–669.
3. Uretsky J., Loy J.B. Evaluation of morphological traits associated with productivity in F_1 interspecific (*Cucurbita maxima* × *C. moschata* Duch.) hybrid processing squash. *HortScience*. 2017. Vol. 52. P. 1156–1163.
4. Rhodes A.M. Species hybridization and interspecific gene transfer in the genus *Cucurbita*. *Proc. Am. Soc. HortScience*. 1959. Vol. 74. P. 546–551.
5. Shifriss C., Cohen S. An evaluation of F_2 populations from a cross between *Cucurbita pepo* L. and *C. moschata* Dutch. for resistance to cucumber mosaic virus. *Euphytica*. 1974. Vol. 23. P. 333–336.
6. Paris H.S., Cohen S. Oligogenic inheritance for resistance to zucchini yellow mosaic virus in *Cucurbita pepo*. *Annals of Applied Biology*. 2000. Vol. 136. Iss. 3. P. 209–214.
7. Holdsworth W.L., Laplant K.E., Bell D.C., Jahn M.M., Mazourek M. Cultivar-based introgression mapping reveals wild species-derived Pm-0, the major powdery mildew resistance locus in squash. *PLoS One*. 2016. Vol. 11. P. 1–20.
8. Rakha M.T. Metwally E.I., Moustafa S.A., Etman A.A., Dewir Y.H. Production of *Cucurbita* interspecific hybrids through cross pollination and embryo rescue technique. *World Applied Sciences Journal*. J. 2012. Vol. 20. P. 1366–1370.
9. De Oliveira A.C.B., Maluf W.R., Pinto J.E.B.P., Azevedo S.M. Resistance to papaya ringspot virus in summer squash

Cucurbita pepo L. introgressed from an interspecific *C. pepo* × *C. moschata* cross. *Euphytica*. 2003. Vol. 132. P. 211–215. **10.** Metwally E.I., Haroun S.A., El-Fadly G.A. Interspecific cross between *Cucurbita pepo* L. and *Cucurbita martinii* through in vitro embryo culture. *Euphytica*. 1996. Vol. 90. P. 1–7. **11.** Grumet R., McCreight J. D., McGregor C., Weng Y., Mazourek M., Reitsma K., Labate J., Davis A., Fei Z. Genetic Resources and Vulnerabilities of Major Cucurbit Crops. *Genes*. 2021. Vol.12. No 8. P. 1222. **12.** Fu Y., Shrestha S., Moon P., Meru G. Embryo Rescue Protocol for Interspecific Hybridization in Squash. *Journal of visualized experiments*. 2022. Vol. 187. 10.3791/64071. **13.** Kondratenko S., Krutko R., Pylypenko L. Chapter 6. Application of methods of interspecies hybridization, biotechnology and induced apomixis in the context of accelerated creation of multigenome forms of pepper adapted to organic growing technologies // *Biological sciences and education in the context of European integration : Scientific monograph*. Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2024. P. 114–132. **14.** Kondratenko S., Serhienko O., Krutko R., Linnik Z. A prospective method of interspecific hybridization in the *Cucurbita* genus. *International Scientific Conference “Genetics, Physiology and Plant Breeding” (VIII-th Edition): Materials Proceedings (Chisinau october 7-8, 2024)* P. 254–259. **15.** Kondratenko S.I., Linnik Z.P., Tkalych Yu. V. Expanding the genetic diversity of plant species of the genus *Cucurbita* due to successful modification of interspecific hybridization technology. *Nature Conservation as an Essential Prerequisite for Preserving Humanity (March 19–20, 2025. Riga, the Republic of Latvia): International scientific conference*. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2025. P. 14–18.

ФОРМУВАННЯ СКЛАДОВИХ УРОЖАЙНОСТІ СОЇ ПІД ВПЛИВОМ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ФУНГІЦИДНОЇ ОБРОБКИ

Мостипан О.В., Лабунський І.В., Грабовський М.Б.,
Павліченко К.В., Німенко С.С. (м. Біла Церква)

Комплекс патогенів, що уражують сою, включає гриби, бактерії та віруси, шкідливість яких варіюється залежно від погодних умов, біологічних властивостей збудників і генетичних характеристик сортів. Хвороби здатні проявляти себе протягом усього вегетаційного періоду культури, часто спричиняючи значне ураження посівів. Одночасне ураження сої кількома хворобами призводить до втрати врожайності зерна на 15–30 %, зниження вмісту білка на 4–5 % і олії – на 3–7 % [1–4].

Захворювання негативно впливають на схожість і енергію проростання насіння, скорочують площу асиміляційної поверхні, погіршують загальну продуктивність рослин та якість насіннєвої продукції. Крім того, патогени не лише знижують посівні якості, а й ускладнюють переробку та споживання

продукції, внаслідок накопичення токсичних метаболітів, що є небезпечними для здоров'я людей і тварин [5–6].

Одним із заходів зменшення впливу хвороб на продуктивність сої є використання фунгіцидів в позакореневе внесення як для боротьби з грибковими патогенами так і мають нефунгіцидний фізіологічний вплив на рослини. Багато вчених відмічають позитивний ефект від їх застосування у збільшенні урожайності зерна сої та елементів її продуктивності [7–8].

Індивідуальна продуктивність рослин формується під впливом комплексу агротехнічних і гідротермічних факторів, що впливають на зміну кількості бобів на рослині, кількості насінин у бобі, маси насіння з однієї рослини та маси 1000 насінин [9].

Метою досліджень було визначення впливу фунгіцидного захисту на основні структурні елементи врожаю у різних сортів сої. Дослід проводили у 2021–2023 роках на базі ТОВ «Саварське», Обухівського району Київської області. Схема досліду: Фактор А – сорт сої (Амадеа, Ауреліна); Фактор В – передпосівна обробка насіння фунгіцидами: контроль (вода), Авідо (тіофанат-метил, крезоксим-метил, цимоксаніл) (2,0 л/т), Вайбранс (седаксан) (0,2 л/т), Редіго М (протіоконазол + тебуконазол) (1,0 л/т), Круїзер Макс (флудіоксоніл + металаксил-М + тіаметоксам) (1,5 л/т). Площа кожної елементарної ділянки становила 144 м², облікової – 120 м². Повторюваність досліду – триразова. Дослідження проводили згідно рекомендацій [10]. Структуру врожаю аналізували за сноповими пробами, відібраними у фазі повної стиглості на площі 0,25 м² (в трьох повтореннях).

Результати досліджень засвідчили, що найвищі значення кількості насінин, маси насіння з однієї рослини та маси 1000 насінин у сортів Амадеа й Ауреліна отримано за обробки насіння сої препаратом Круїзер Макс (1,5 л/т) – 48 і 44 шт., 10,2 і 9,3 г, 208,0 і 213,5 г, відповідно. Проте ці відмінності не були статистично

достовірними порівняно з варіантами обробки препаратами Редіго М (1,0 л/т) та Авідо (2,0 л/т).

Сорт Амадеа переважав сорт Ауреліна за кількістю насінин на 3,4–6,7 %, масою насіння з однієї рослини на 5,1–9,6 %, а за масою 1000 насінин – на 2,1–7,8 %. Встановлено, що частка впливу генотипу на ці показники становила 63,5%, 61,3 % і 67,8 % відповідно, тоді як вплив застосованих фунгіцидів 18,6 %, 15,4 % і 16,7 %.

Кореляційний аналіз показав тісний позитивний зв'язок між урожайністю зерна сої та кількістю насінин з однієї рослини ($r = 0,92$), масою насіння ($r = 0,94$) та масою 1000 насінин ($r = 0,89$).

Список використаних джерел:

1. Поспєлова Г. Д., Бараболя, О. В. Морозова О. О. Вплив біологічних препаратів на фітосанітарний стан насіння сої. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. №(4). С. 37-42.
2. Сергієнко В. Г., Миколаєвський В. П. Моніторинг хвороб сої в Лісостепу України. Карантин і захист рослин. 2014. № 10-11. С. 9-11.
3. Hartman G. L., Hill C. B. Diseases of soybean and their management. In The soybean: botany, production and uses, Wallingford UK: CABI. 2010. pp. 276-299.
4. Грабовський М. Б., Мостипан О.В., Павліченко К.В., Німенко С.С., Лабунський І. В. Елементи структури врожаю сортів сої залежно від фунгіцидного захисту. Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій: матеріали XXV Міжнародного науково-практичного форуму, м. Львів, 2–4 жовтня 2024 р., ЛНУП, С. 258–259.
5. Singh G., Dukariya G., Kumar A. Distribution, importance and diseases of soybean and common bean: A review. Biotechnology Journal International. 2020. №24(6). pp. 86-98.
6. Grabovskyi M., Marchenko T., Panchenko T., Fedoruk Y., Grabovska T., Lozinskyi M., Kozak L., Kachan L., Gorodetskyi O., Mostipan O. Assessment of the efficiency of the application of fungicides and microfertilizers in sugar beet growing in the forest steppe of Ukraine. Scientific Papers. Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and rural development". 2023. Vol. 23. Issue 4. 365–373.
7. Roth M. G., Webster R. W., Mueller D. S., Chilvers M. I., Faske T. R., Mathew F. M., Smith, D. L. Integrated management of important soybean pathogens of the United States in changing climate. Journal of Integrated Pest Management. 2020. №11(1). 17.
8. Grabovskyi M., Mostypan O., Fedoruk Y., Kozak L., Ostrenko M. Formation of grain yield and quality indicators of soybeans under the influence of fungicidal protection. Scientific Horizons. 2023. 26(2). 66–76.
9. Мостипан О.В., Грабовський М. Б. Формування елементів структури врожаю сої під впливом гербіцидного захисту у Правобережному Лісостепу України. Аграрні інновації. 2023. №19. С. 79-87.
10. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. Єценко В. О. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.

ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРАКТІВ З МОХІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ РОСЛИН ВІД ПАТОГЕННИХ ГРИБІВ

Галушко І. А. Ромашко Т.П. (м. Полтава)

У сучасному рослинництві актуальною є потреба у розробці та застосуванні нових засобів, які не містили б шкідливих для здоров'я людей та тварин речовин, були безпечними для навколишнього середовища, а також були ефективними у захисті рослин від шкідливих мікроорганізмів, зокрема, фітопатогенних грибів, які спричиняють значні втрати врожаю. У зв'язку з вищезгаданими потребами зростає інтерес до застосування препаратів, що включають речовини біологічного походження.

Перспективним у цьому плані є використання екстрактів з рослин, з огляду на значний вміст у них біологічно активних сполук. Зокрема гарною альтернативою фунгіцидам можуть стати екстракти з мохів завдяки великій кількості вторинних метаболітів, серед яких є терпеноїди, фенольні сполуки та флавоноїди, які демонструють високу протигрибкову активність[1, 2]. Окрім цього, широка поширеність мохів у навколишньому середовищі також є перевагою, оскільки потенційно уможливлює здешевлення антифунгальні засобів.

У цьому огляді наукових робіт нами було розглянуто можливості використання екстрактів з деяких видів мохів як природних фунгіцидів проти деяких поширених фітопатогенних грибів.

Так, авторами роботи [3] у ході дослідження екстрактів *Polytrichum commune* було встановлено, що етанольні витяжки з цього виду моху ефективно пригнічують ріст фітопатогенних грибів, таких як *Botrytis cinerea*, *Fusarium solani* та *Alternaria brassicicola*. Зокрема, при концентрації 2,5 мг/мл відзначалося пригнічення росту колоній *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea* та *Alternaria brassicicola* на рівні понад 90%. При мікроскопічному аналізі культури патогенів,

оброблених екстрактом, було виявлено ознаки дегенерації гіф – зменшення товщини стінок, втрата тургору та формування лізису клітин. Найбільша концентрація активних речовин вище зазначеного моху була виявлена у стеблах і листках рослини, що свідчить про їх доцільність для екстрагування.

У іншому дослідженні [4] з використанням моху *Bryum cellulare* було встановлено, що водні та етанольні екстракти мають виражену антиспорову активність проти *Curvularia lunata* – одного з основних збудників плямистості листя, що уражає кукурудзу, рис, сорго та інші важливі сільськогосподарські культури. Згідно з результатами експерименту, особливо високі показники інгібування проростання спор спостерігалися при використанні етанольного екстракту з молодих пагонів моху. Його застосування забезпечувало гальмування проростання спор на рівні 75–80% вже на 6–8 годині після контакту з патогеном.

Значну антагоністичну активність щодо фітопатогенних грибів *Botrytis cinerea*, *Phytophthora infestans* та *Rhizoctonia solani*, збудників сірої гнилі, фітофторозу та кореневих гнилей, відповідно, продемонстрували *Bazzania trilobata* та *Diplophyllum albicans* [5]. У лабораторних умовах екстракти *B. trilobata* при концентраціях 1–2 мг/мл викликали інгібування росту грибниці *B. cinerea* до 95%, що підтверджено мікроскопічними спостереженнями змін структури гіф: спостерігалася вакуолізація цитоплазми, зменшення товщини клітинних стінок та деструкція септ. Крім того, реакція патогенів була швидкою – вже через 4–6 годин після обробки екстрактом фіксувались перші ознаки цитолізу, що свідчить про високу проникаючу здатність та ефективність активних компонентів.

Отже, зважаючи на результати проаналізованих досліджень, можна зробити висновок, що мохи, зокрема *Polytrichum commune*, *Bryum cellulare*, *Bazzania trilobata* та *Diplophyllum albicans*, є перспективним джерелом природних біологічно активних речовин з вираженою протигрибковою

активністю. Завдяки високому вмісту вторинних метаболітів, таких як флавоноїди, фенольні сполуки та терпеноїди, екстракти цих мохів ефективно пригнічують ріст і розвиток широкого спектра фітопатогенних грибів, у тому числі *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria brassicicola* та *Curvularia lunata*. Антимікробна дія проявляється як через інгібування проростання спор, так і через руйнування гіф та клітинної структури патогенів, що робить мохи актуальним об'єктом досліджень у контексті створення нових екологічно безпечних засобів захисту рослин. Наведені дані підтверджують доцільність подальших досліджень у цьому напрямі з метою розробки ефективних біофунгіцидів для сільського господарства.

Перспективою розвитку у цьому напрямку є можливість комбінування екстрактів мохів з метою отримання кращих результатів.

Список використаних джерел:

1.Commisso M., Guarino F., Marchi L., Muto A., Piro A., Degola F. Bryo-Activities: A Review on How Bryophytes Are Contributing to the Arsenal of Natural Bioactive Compounds against Fungi. *Plants*. 2021. Vol. 10. P. 203-221. 2.Peters K., Gorzolka K., Bruelheide H., Neumann S. Seasonal Variation of Secondary Metabolites in Nine Different Bryophytes. *Ecology and Evolution*. 2018. Vol. 8. P. 9105–9117. 3.Shen Haiyu, Fu Jing, Han Chao, et al. Antifungal Activity of Ethanol Extract of *Polytrichum commune* Hedw. Against Four Plant Pathogenic Fungi. *Science and Technology of Food Industry*. 2024. Vol. 45, No. 14. P. 147–154. (In Chinese with English abstract). 4.Deora G. S., Guhil N. Studies on Antifungal Potential of *Bryum cellulare* (a Moss) Crude Extracts against Spore Germination of Fungus *Curvularia lunata*. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research (IJPSR)*. 2016. Vol. 7, No. 1. P. 353–357. 5.Mohammed A., Mekuria T., Steiner U., Hindorf H., Dehne H.-W. Bryophyte Extracts with Activity against Plant Pathogenic Fungi. *SINET: Ethiopian Journal of Science*. 2003. Vol. 26. P. 55–62.

ІНТЕГРАЦІЯ ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ ЩОДО УТИЛІЗАЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЧІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С. (м. Біла Церква)

Тимошок Н.О. (м. Київ)

Сучасне сільське господарство стикається з численними викликами, пов'язаними з накопиченням забруднювачів у ґрунтах, воді та агроєкосистемах. Надмірне використання агрохімікатів, зокрема пестицидів та хімічних добрив,

спричиняє деградацію ґрунтів, забруднення водних ресурсів, а також накопичення токсичних речовин у харчових ланцюгах [1]. Це не тільки погіршує якість продукції, але й становить серйозну загрозу для здоров'я людини та біорізноманіття. Наприклад, важкі метали, такі як свинець, кадмій та ртуть, можуть кумулюватися в ґрунті протягом десятиліть, знижуючи його родючість та забруднюючи ґрунтові води. У сучасних умовах війни забруднення земель боєприпасами, вибуховими залишками та важкими металами підвищує актуальність розробки нових методів утилізації забруднювачів. Відновлення екосистем та забезпечення сталого розвитку агросектору вимагає інтеграції хімічних та біотехнологічних підходів. Ефективна ремедіація забруднених територій є не лише питанням екологічної безпеки, але й важливим аспектом забезпечення продовольчої безпеки в постконфліктних регіонах [2].

Хімічні методи утилізації забруднювачів охоплюють нейтралізацію, осадження важких металів, окислювально-відновні процеси та електрохімічне осадження [3]. Одним із найбільш ефективних підходів є хімічна екстракція з використанням хелатуючих агентів, таких як EDTA (етилендіамінтетраацетат) або ДТРА (діетилентриамінпентаацетатна кислота), що дозволяють видаляти токсичні метали з ґрунту та води. Хелатування іонів металів дозволяє утворювати розчинні комплекси, які легко видаляються з ґрунтових структур. Електрохімічне осадження, зокрема електродіаліз, забезпечує ефективне видалення важких металів шляхом їх міграції до катоду. Хімічна оксидація з використанням озону, перманганату калію або пероксиду водню дозволяє розкладати стійкі органічні забруднювачі, такі як пестициди та нафтопродукти, до безпечних компонентів. У дослідженнях продемонстровано, що застосування наночастинок оксиду заліза сприяє пришвидшенню процесу відновлення іонів важких металів у ґрунтах, забруднених військовими боєприпасами.

Комбіновані хімічні методи, такі як поєднання озонування з ультразвуковим опроміненням, демонструють підвищену ефективність у

детоксикації складних органічних забруднювачів [4]. Озонування дозволяє здійснювати глибоке окислення вуглеводнів, фенолів та інших стійких забруднювачів, у той час як ультразвук сприяє деструкції макромолекул, підвищуючи доступність речовин для окислення. У Франції подібні підходи застосовуються для очищення промислово забруднених ґрунтів, що містять залишки бензолу та толуолу. Позитивний ефект досягається за рахунок посилення процесів деструкції органічних молекул і прискорення їх деградації.

Біотехнологічні підходи включають фітобіотехнології, біоремедіацію та інженерію ферментів [5, 6]. Фітобіотехнології базуються на використанні рослин для поглинання та накопичення важких металів та органічних забруднювачів [7]. Фітоекстракція, фітодеградація та фітостабілізація забезпечують ефективне вилучення токсикантів із ґрунтів і води [8, 9]. Успішні приклади включають використання соняшника (*Helianthus annuus*) для видалення свинцю та кадмію і гірчиці (*Brassica juncea*) для очищення ґрунтів від миш'яку. У Китаї реалізовано масштабні проекти з використанням птерису (*Pteris vittata*) для очищення ґрунтів від миш'яку. Успішність технології підтверджується її застосуванням на промислових ділянках, де концентрація миш'яку перевищувала допустимі норми у кілька разів. Є приклади використання фіторемедіації у зонах військових конфліктів. Так у постраждалих регіонах Хорватії після війни 1990-х років фіторемедіація стала основним методом очищення ґрунтів від вибухонебезпечних залишків та важких металів. Подібні підходи починають впроваджувати в Україні для відновлення сільськогосподарських земель, постраждалих від бойових дій.

Розширене використання біотехнологій включає також розробку трансгенних рослин, здатних підвищено поглинати метали або розкладати органічні забруднювачі [10, 11]. Зокрема, використання генів стійкості до важких металів у рослин дозволяє їм витримувати високі концентрації свинцю, цинку та кадмію без втрати життєздатності. Такі рослини активно

досліджуються у США, де вони застосовуються для рекультивації забруднених військових полігонів. Біоремедіація передбачає використання мікроорганізмів для біодеградації органічних забруднювачів [12]. Мікроорганізми *Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis* та *Rhodococcus erythropolis* демонструють високу ефективність у розкладанні ПАВ, пестицидів та нафтопродуктів. Також активно досліджуються методи консорціальної біоремедіації, коли декілька видів мікроорганізмів діють синергічно для прискорення детоксикації. Наприклад, у Канаді реалізовано проект із застосуванням консорціумів бактерій для очищення озер від нафтового забруднення.

Інженерія ферментів у біотехнології має велике значення для підвищення швидкості та специфічності розкладу токсичних речовин. Сучасні підходи включають модифікацію ферментів за допомогою генної інженерії та іммобілізацію на наноматеріалах для підвищення їхньої стабільності в екстремальних умовах. Зокрема, іммобілізовані пероксидази, ліпази та оксидази здатні ефективно розкладати нафтопродукти, фосфорорганічні сполуки та стійкі органічні забруднювачі. Використання наночастинок оксидів заліза, церію та титану дозволяє не тільки підвищити активність ферментів, але й забезпечити їхню стабільність у ґрунтових та водних середовищах [13]. Інженерія ферментів у біотехнології має велике значення для підвищення швидкості та специфічності розкладу токсичних речовин. Модифікація ферментів за допомогою наночастинок дозволяє збільшити їхню стабільність та тривалість дії у ґрунтових і водних середовищах, що суттєво підвищує ефективність очищення [14].

Таким чином, інтеграція хімії та біотехнології відкриває нові можливості для ефективної утилізації забруднювачів у сільському господарстві. Комбіновані методи дозволяють не лише зменшити вплив шкідливих речовин, але й сприяти відновленню природних ресурсів. Подальші дослідження у цій сфері здатні забезпечити стале використання аграрних земель та підвищити екологічну

безпеку агросектору, що є важливою умовою сталого розвитку сільськогосподарських регіонів.

Список використаних джерел:

1. Рибалова, О.В., Мацак, А.О., & Курочка, М.О. Екологічна небезпека забруднення ґрунтів важкими металами. *The 5th International scientific and practical conference "Innovative development of science, technology and education"* (February 15–17, 2024) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2024, 239–248.
2. Tsekhmistrenko, S., Bityutsky, V., & Tsekhmistrenko, O. The use of nanoparticles for remediation of the ecological environment of Ukraine caused by war. *Proceedings of the VI International Conference on European Dimensions of Sustainable Development*, May 15–17, 2024, Kyiv, 44.
3. Liu, Y., Shi, J., Jin, H., & Guo, L. Chemical recycling methods for managing waste plastics: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 22(1), 149–169.
4. Andini, E., Bhalode, P., Gantert, E., Sadula, S., & Vlachos, D. G. Chemical recycling of mixed textile waste. *Science Advances*, 10(27), eado6827.
5. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Цехмістренко О.С. Новітні біотехнології у захисті рослин. *Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: матеріали VI міжнар. наук.-практ. конф.*, (БНАУ, 27 березня 2025 р.), 262–265.
6. Lavanya, M. B., Viswanath, D. S., & Sivapullaiah, P. V. Phytoremediation: An eco-friendly approach for remediation of heavy metal-contaminated soils-A comprehensive review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 100975.
7. Tsekhmistrenko, S., Bityutsky, V., Tsekhmistrenko, O., Merzlo, S., Tymoshok, N., Melnichenko, A., ... & Yakymenko, I. Bionanotechnologies: synthesis of metals' nanoparticles with using plants and their applications in the food industry: A review. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 10(6), e1513.
8. Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Цехмістренко О.С., Демченко О.А., Тимошок Н.О., & Мельниченко О.М. Екологічні біотехнології "зеленого" синтезу наночастинок металів, оксидів металів, металоїдів та їх використання: за редакцією С.І. Цехмістренко. Біла Церква, 2022. 270.
9. Chawla, N., Kumar, S., & Gupta, L. Advancing Phytoremediation from Lab Research to Field Applications. In *Environmental Engineering and Waste Management: Recent Trends and Perspectives* (pp. 471–498). Cham: Springer Nature Switzerland.
10. Бітюцький, В.С., Цехмістренко, С.І., Веред, П.І., & Онищенко, Л.С. Використання зелених нанотехнологій для контролю забруднення та екологічного відновлення. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво: матеріали міжнародної науково-практичної конференції*. 3 жовтня 2024 р. Біла Церква, 17–19.
11. Цехмістренко, С.І., & Бітюцький, В.С. Роль біохімії та біотехнології для органічного виробництва сільськогосподарських культур. *Ресурсозберігаючі технології вирощування культурних рослин*, 25–29.
12. Dinakarkumar, Y., Gnanasekaran, R., Reddy, G. K., Vasu, V., Balamurugan, P., & Murali, G. Fungal bioremediation: An overview of the mechanisms, applications and future perspectives. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*.
13. Tsekhmistrenko O.S., Tsekhmistrenko S.I., Bityutsky V.S. Melnichenko O.M., & Oleshko O.A. Biomimetic and antioxidant activity of nanocrystalline cerium dioxide. *World of Medicine and Biology*, 14(63), 196–201.
14. Hussain, N., Shahbaz, A., Malik, H. A., Ehsan, F., dos Santos, J. C. S., & Balčiūnaitė, A. Porous Nanomaterials for Enzyme Immobilization and Bioremediation Applications. *Microbes Based Approaches for the Management of Hazardous Contaminants*, 146–161.

ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА СУЧАСНИЙ ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН АГРОБІОЦЕНОЗІВ УКРАЇНИ

Броун І.В., Горновська С.В. (м. Біла Церква)

Сучасні проблеми фітосанітарного стану агробіоценозів в Україні характеризуються низкою взаємопов'язаних факторів, що негативно впливають на врожайність сільськогосподарських культур та екологічну стабільність аграрних екосистем.

Однією з ключових проблем є активізація та розширення ареалів шкідників, хвороб і бур'янів. Це пов'язано зі змінами клімату, які створюють сприятливі умови для розвитку багатьох фітопатогенів та шкідливих комах, а також сприяють їхній міграції на нові території. Інтродукція нових, більш агресивних видів шкідників, збудників хвороб та бур'янів також становить значну загрозу для агробіоценозів, оскільки вони часто не мають природних ворогів і швидко адаптуються до нових умов.

Іншою серйозною проблемою є розвиток резистентності шкідливих організмів до засобів захисту рослин. Нераціональне та надмірне використання одних і тих же діючих речовин протягом тривалого часу призводить до виникнення стійких популяцій шкідників, патогенів та бур'янів, що значно ускладнює боротьбу з ними та вимагає застосування нових, часто дороговартісних та менш екологічних препаратів.

Аналіз агросфери показує тривожну тенденцію зростання чисельності та поширеності основних шкідників сільськогосподарських культур в Україні. На півдні країни вже стало звичним високе заселення сарановими (до 1000 екз./м²) на площі близько 300 тис. га, а також значна кількість ворочків (до 65 екз./м²). Спостерігається поступове просування сарани на північ, її появу зафіксовано неподалік Києва, а також повідомляється про спалахи масового розмноження у Сумській, Харківській та Полтавській областях [3].

Паралельно з цим, незважаючи на відносну стабілізацію заходів захисту рослин, продовжує збільшуватися чисельність ґрунтових шкідників, таких як дротяники та несправжні дротяники, хлібний турун, озима совка та інші види комах-геобіонтів [4]. Статистичний аналіз цих даних виявив, що потепління клімату та значне скорочення обсягів застосування засобів захисту рослин сукупно сприяють зростанню чисельності комах та площ їхнього поширення. При цьому, вплив потепління на щільність популяцій комах є більш вираженим, ніж вплив захисних заходів. Цей висновок підтверджується аналізом динаміки чисельності основних шкідників пшениці озимої.

За останні десятиліття потепління також призвело до змін у видовому складі ентомокомплексу, зокрема до зростання чисельності та шкідливості таких видів, як опомізи, клопи-черепашки, пшеничний трипс та хлібні жуки. В посівах озимих культур Лісостепу з'явився такий вид, як пшенична муха, чисельність якої у фазі сходів – кушіння щорічно більш ніж утричі перевищує економічний поріг шкідливості.

У фітосанітарному стані агроценозів України спостерігаються нові тенденції, зокрема поява шкідників, які раніше не становили значної економічної загрози. До таких належать південна соняшникова шипоноска (*Mordellistena parvulliformis* Stshegol - Bar., 1930). Така поява шипоноски є цілком закономірною, оскільки, починаючи з 2003 р., посівні площі під соняшником в Україні зросли практично вдвічі і в структурі сівозмін різко перебільшили науково обґрунтований і рекомендований показник - 8 %, що й стало основною причиною різкого збільшення чисельності цього шкідника, агресивність якого за таких умов зросла до критичної межі [2].

Особливе занепокоєння викликає поширення західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte,) відомого своєю небезпекою для посівів кукурудзи в Південній Європі. В Україні цей шкідник вже освоїв Закарпаття і продовжує свою експансію в Прикарпаття, центральні та південно-

західні області. Існує серйозна загроза його швидкого розповсюдження на решту території країни, якщо не буде вжито належних заходів контролю. Аналогічна тенденція спостерігається і щодо оленки волохатої, каштанової молі та багатьох інших шкідливих організмів [1,5].

Отже, зміни клімату безпосередньо відображаються на фітосанітарному стані агроценозів України, призводячи до його погіршення, і ця негативна тенденція, ймовірно, збережеться. Враховуючи характер реакцій біологічних систем на зовнішні впливи, існує висока ймовірність виникнення значних екологічних криз в аграрній сфері [6,7].

У зв'язку з цим перед вітчизняною аграрною наукою постає вкрай важливе та складне завдання: глибоко дослідити агроекологічні наслідки, спричинені потеплінням клімату, та науково обґрунтувати ефективні заходи для адаптації агросфери до цих змін.

Додатковим фактором, що погіршує фітосанітарну ситуацію, є вплив воєнних дій. Забруднення територій вибухонебезпечними предметами та хімічними речовинами, руйнування інфраструктури, порушення логістичних ланцюгів постачання засобів захисту рослин та добрив, а також обмеження можливостей моніторингу та контролю на значних територіях створюють додаткові ризики для фітосанітарної безпеки.

Усі ці проблеми в комплексі створюють складну та динамічну ситуацію, що вимагає розробки та впровадження комплексних стратегій для підтримання стабільного фітосанітарного стану агробіоценозів в Україні, забезпечення високих та якісних врожаїв та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище.

Список використаних джерел:

1. Горновська С.В., Панченко Т.В. Аналіз поширення західного кукурудзяного жука (*Diabrotica virgifera virgifera* Le Conte) в агроценозах. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «ХЗ'їзд Українського ентомологічного товариства, м. Київ, 2023. С. 37-39.
2. Горновська С. В., Федоренко В. П. Поширення південної соняшникової шпоноски (*Mordellidae*, *Mordellistena parvuliformis* Stshegol-Bar. 1939) в Північно-східному Степу України. *Захист і карантин рослин*. 2015. № 61. С. 59-63.
3. Федоренко В.П. Перспективи

ентомологічних досліджень в Україні. *Захист і карантин рослин*. 2014. Вип. 60. С. 415-425. 4. Стригун О.О., Судденко Ю.М. Видовий склад шкідливої ентомофауни агробіоценозу пшениці озимої в Правобережному Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 3. С. 15-18. 5. Мосійчук О.С., Горновська С.В., Потенційно шкідливі види турунів (Coleoptera, Carabidae) в біоценозах Правобережного Лісостепу України. *«Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, лісовому та садово-парковому господарстві»*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції магістрантів і молодих дослідників, 16 листопада 2023 року. – Біла Церква: БНАУ. С. 15-17. 6. Lamichhane J.R., Dachbrodt-Saaydeh S., Kudsk P. and Messean A. Toward a reduced reliance on conventional pesticides in European agriculture. *Plant Disease*. 2016. Vol. 100. P. 10-24. 7. Zhang H., Potts S.G., Breeze T. and Bailey A. European farmers incentives to promote natural pest control service in arable fields. *Land Use Policy*. 2018. Vol. 78. P. 682-690.

ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ЯКОСТІ СВИНОМАТОК ВЕЛИКОЇ БІЛОЇ ПОРОДИ УГОРСЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЇХ ОЦІНКИ ЗА ІНДЕКСОМ Ю. Д. ШАТАЛІНОЇ

Халак В. І. (м. Дніпро), Ільченко М. О. (м. Полтава)

Теоретичною основою для проведення досліджень є наукові праці вітчизняних та зарубіжних вчених [1-4]. Мета роботи – дослідити відтворювальні якості свиноматок великої білої породи угорської селекції, визначити критерії відбору високопродуктивних тварин за індексом Ю. Д. Шаталіної та економічну ефективність їх використання в умовах промислового комплексу.

Експериментальну частину роботи та аналіз результатів досліджень проведено в СТОВ «Дружба-Казначейка» Дніпропетровської області, а також лабораторії тваринництва Державної установи Інститут зернових культур НААН. Роботу виконано згідно програми наукових досліджень Національної академії аграрних наук України № 31 «Генетичне поліпшення сільськогосподарських тварин, їх відтворення та збереження біорозмаїття», (генетика, збереження та відтворення біоресурсів у тваринництві).

Оцінку свиноматок великої білої породи угорської селекції за відтворювальними якостями проводили з урахуванням наступних кількісних ознак: багатоплідність, гол; великоплідність, кг; кількість поросят на час

відлучення у віці 28 діб, гол; маса гнізда на час відлучення у віці 28 діб, кг; збереженість поросят на час відлучення у віці 28 діб, %.

Комплексну оцінку свиноматок за відтворювальними якостями проводили за індексом Ю. Д. Шаталіної:

$$I = (1,27 \times X_1) + (2,74 \times X_2) + (0,304 \times X_3)$$

де: X_1 – багатоплідність, гол.; X_2 – кількість поросят на час відлучення у віці 28 діб, гол.; X_3 – маса гнізда на час відлучення у віці 28 діб, кг [5]. У свиноматок I піддослідної групи індекс Ю. Д. Шаталіної коливається у межах від 69,75 до 90,60 балів, II – від 57,33 до 67,95 балів, III – від 46,34 до 55,29 балів.

Економічну ефективність використання свиноматок різної племінної цінності розраховували за методикою Ладика В. І. та ін. [6]. Біометричну обробку результатів досліджень здійснювали за загальноприйнятими методиками [7, 8] з використанням програмованого модуля «Аналіз даних» в Microsoft Excel.

Аналіз одержаних даних свідчить, що багатоплідність свиноматок підконтрольної популяції ($n=138$) становить $11,1 \pm 0,14$ гол ($C_v=15,82\%$), великоплідність – $1,41 \pm 0,009$ кг ($C_v=7,94\%$), кількість поросят на час відлучення у віці 28 діб – $9,7 \pm 0,13$ гол ($C_v=16,57\%$), маса гнізда на час відлучення у віці 28 діб – $74,4 \pm 0,851$ кг ($C_v=13,43\%$), збереженість поросят на час відлучення у віці 28 діб – $87,4 \pm 0,49\%$; індекс Ю. Д. Шаталіної дорівнює $62,55 \pm 0,786$ бала ($C_v=14,76\%$). Масу гнізда на час відлучення у віці 60 діб визначали розрахунковим методом. Для свиноматок підконтрольної популяції вона дорівнює: $74,4 \times 2,728 = 202,96$ кг. 2,728 – поправний коефіцієнт коригування маси гнізда на час відлучення у віці 60 діб [9].

Аналіз результатів досліджень відтворювальних якостей свиноматок різної внутріпородної диференціації за індексом Ю. Д. Шаталіної наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Відтворювальні якості свиноматок великої білої породи різної внутріпородної диференціації за індексом Ю. Д. Шаталіної

Показники, одиниці виміру	Біометричні показники	Градації індексу Ю. Д. Шаталіної, бала		
		69,75-90,60	57,33-67,95	46,34-55,29
		група		
		I	II	III
	n	33	65	40
Багатоплідність, гол.	$\bar{X} \pm S_x$	13,2±0,18	11,3±0,07	9,0±0,17
	$C_v \pm S_{C_v}, \%$	8,10±0,997	5,39±0,472	12,22±1,366
Великоплідність, кг	$\bar{X} \pm S_x$	1,37±0,023	1,41±0,012	1,44±0,016
	$C_v \pm S_{C_v}, \%$	9,48±1,167	6,38±0,559	6,94±0,776
Кількість поросят на час відлучення у віці 28 діб, гол	$\bar{X} \pm S_x$	11,5±0,14	9,9±0,06	8,1±0,07
	$C_v \pm S_{C_v}, \%$	7,21±0,887	5,05±0,442	6,17±0,690
Маса гнізда на час відлучення у віці 28 діб, кг	$\bar{X} \pm S_x$	88,9±1,04	73,2±0,56	64,4±0,37
	$C_v \pm S_{C_v}, \%$	6,77±0,833	6,18±0,542	3,63±0,406
Збереженість поросят на час відлучення у віці 28 діб, %	$\bar{X} \pm S_x$	87,1±0,85	87,6±0,52	90,0±1,21

Установлено, що свиноматки I групи переважали ровесниць II і III груп за багатоплідністю на 1,9 (td=10,00; P<0,01) і 4,2 гол (td=17,50; P<0,01), кількістю поросят на час відлучення у віці 28 діб – 1,6 (td=10,67; P<0,001) і 3,4 гол (td=22,67; P<0,001), масою гнізда на час відлучення у віці 28 діб – 15,7 (td=13,30; P<0,001) і 24,5 кг (td=22,27; P<0,001). Різниця між свиноматками III, II і I груп за великоплідністю становить 0,03 (td=1,57; P>0,05) і 0,07 кг (td=2,59; P<0,01), збереженістю поросят до відлучення у віці 28 діб – 2,4 (td=1,83; P>0,05) і 2,9

% ($t_d=1,63$; $P>0,05$). Коефіцієнт мінливості (C_v , %) абсолютних показників відтворювальних якостей свиноматок різної внутріпородної диференціації за індексом Ю. Д. Шаталіної Ю. Д. коливається у межах від 3,63 до 12,22 %.

Розрахунки коефіцієнта парної кореляції між показниками відтворювальних якостей свиноматок та індексом Шаталіної Ю. Д. свідчать, що даний біометричний показник коливається у межах від -0,271 ($t_r=3,43$; $P<0,001$) до +0,989 ($t_r=530,69$; $P<0,001$) (табл. 2).

Таблиця 2.

Коефіцієнти парної кореляції між відтворювальними якістьми свиноматок та індексом Ю. Д. Шаталіної

Ознака		Біометричні показники	
x	y	$r \pm S_r$	t_r
Індекс Ю. Д. Шаталіної, бала	1	+0,939 $\pm$ 0,0101***	93,20
	2	-0,271 $\pm$ 0,0789***	3,43
	3	+0,989 $\pm$ 0,0019***	530,69
	4	+0,957 $\pm$ 0,0072***	133,51
	5	+0,151 $\pm$ 0,0832	1,81

Примітка: 1 – багатоплідність, гол, 2 – великоплідність, кг; 3 – кількість поросят на час відлучення у віці 28 діб, гол; 4 – маса гнізда на час відлучення у віці 28 діб, кг; 5 – збереженість поросят до відлучення, %; *** - $P<0,001$

Кількість достовірних коефіцієнтів парної кореляції між показниками відтворювальних якостей свиноматок та індексом Шаталіної Ю. Д. дорівнює 80,0 %.

Розрахунки економічної ефективності використання свиноматок різної внутріпородної диференціації за індексом Ю. Д. Шаталіної свідчать, що максимальну прибавку додаткової продукції одержано від свиноматок I піддослідної групи ($I=69,75-90,60$ бала). Вона становить 16,31 %, а її вартість дорівнює 662,55 грн. / гол. / опорос.

Результати досліджень свідчать, що свиноматки великої білої породи угорської селекції характеризуються високими показниками відтворювальних якостей, а за багатоплідністю та масою гнізда на час відлучення у віці 60 діб переважають мінімальні вимоги класу еліта в середньому на 6,10 %. Результати досліджень відтворювальних якостей свиноматок різної внутріпородної диференціації за індексом Ю. Д. Шаталіної свідчать, що тварини I піддослідної групи достовірно переважали ровесниць II і III за багатоплідністю, кількістю поросят на час відлучення у віці 28 діб та масою гнізда на час відлучення у віці 28 діб в середньому на 22,47 %. Максимальний показник великоплідності та збереженості поросят до відлучення у віці 28 діб встановлено у свиноматок III піддослідної групи – 1,44 кг і 90,0 % відповідно. Кількість достовірних коефіцієнтів парної кореляції між абсолютними показниками відтворювальних якостей свиноматок та індексом Ю. Д. Шаталіної дорівнює 80,0 %. Використання свиноматок I піддослідної групи ((I=69,75-90,60 бала) забезпечує одержання максимальної прибавку додаткової продукції, яка становить 16,31 %, а її вартість дорівнює 662,55 грн. / гол. / опорос.

Список використаних джерел:

1. Гетья А. А. Організація селекційного процесу в сучасному свинарстві : Монографія. Полтава: Полтавський літератор, 2009. 192 с.
2. Халак В. І., Стадницька О. І. Продуктивність та економічна ефективність використання свиноматок різної племінної цінності. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 66. С. 230–242.
3. Дудка О. І. Індексна оцінка племінної цінності та адаптації свиней української степової рясної породи. *Науковий вісник «Асканія-Нова»*. 2009. Вип. 2. С. 127-134.
4. Tribout T., Larzul C., Phocas F. Efficiency of genomic selection in a purebred pig male line. *Journal of animal science*. 2012. Vol. 90 (12). P. 4164-4176.
5. Ващенко П. А. Прогнозування племінної цінності свиней на основі лінійних моделей селекційних індексів та ДНК-маркерів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук : спец. 06.02.01 «Розведення та селекція тварин». Миколаїв, 2019. 43 с.
6. Ладика, В. І., Хмельничий, Л. М., & Повод, В. Г. (2023). *Технологія виробництва та переробки продукції тваринництва : підручник для аспірантів; за заг.ред. В. І. Ладики, Л. М. Хмельничого*. Одеса, Олді+, 244 с.
7. Коваленко В. П., Халак В. І., Нежлукченко Т. І., Папакіна Н. С. Біометричний аналіз мінливості ознак сільськогосподарських тварин і птиці. *Навчальний посібник з генетики сільськогосподарських тварин*. Херсон: Олді, 2010. 160 с.
8. Петровська І. Р., Салига Ю.Т., Вудмаска І. В. *Статистичні методи в біологічних дослідженнях : навчально-методичний посібник*. Київ : Аграрна наука, 2022. 172 с.
9. Халак В. І. Адаптація та відтворювальна здатність свиноматок великої білої породи різного походження. *Вісник Сумського національного аграрного університету: Серія «Тваринництво»*. Випуск 10 (16), 2009. С. 126-130.

УРОЖАЙНІСТЬ СОРТІВ СУНИЦІ САДОВОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ САДІННЯ РОЗСАДИ ПРИ ЗРОШЕННІ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Каращук Г. В. (м. Кропивницький)

Однією з найважливіших ягідних культур, які користуються значним попитом на ринку, характеризуються ранніми термінами дозрівання, високими показниками продуктивності, збалансованим хімічним складом і приємним смаком ягід є суниця садова. Дана культура являється також цінною сировиною при переробці, а саме, у виробництві джему, повидла, компотів, соків та іншої консервованої продукції.

Економічна ефективність вирощування суниці садової обумовлена збільшенням обсягів виробництва цієї культури. Валовий збір ягід можна збільшити за рахунок подовження періоду плодоношення, якщо використовувати пізньостиглі сорти та оптимізувати строки садіння розсади у весняний період. В умовах виробництва значну увагу приділяють високопродуктивним сортам інтенсивного типу, які мають здатність забезпечити гарантований урожай ягід із високими показниками якості та товарності, в тому числі сорти фотонейтрального дня, які утворюють плоди наприкінці літа - на початку осені.

Інтенсивна інтегрована технологія вирощування суниці передбачає застосування спеціалізованої техніки, краплинного зрошення, високої густоти садіння, мульчуючої плівки, а також завчасно підготовленої розсади фріго.

Розробка й впровадження у сільськогосподарське виробництво удосконалених елементів технології вирощування суниці садової при краплинному зрошенні на Півдні України, насамперед, визначення оптимальних строків садіння розсади і визначення найбільш продуктивних сортів для подовження періоду плодоношення, а, відповідно, і збільшення валового збору ягід в літньо-осінній період забезпечить стабільний рівень урожайності культури

з відповідно високими показниками якості та товарності ягід, а тому є важливою і актуальною проблемою.

Показники продуктивності суниці садової залежать від технологічних прийомів, а саме, від вибору місця та ґрунту під насадженнями, сортового складу, якості садивного матеріалу, режиму зрошення, удобрення, підбору оптимальних способів й строків висаджування розсади [1, 2].

Питання збільшення врожайності насаджень даної культури потребує комплексного підходу - удосконалення ключових елементів технології, враховуючи вплив чинників навколишнього середовища, насамперед, більш нову тенденцію щодо змін клімату. Вимагають також конкретного уточнення терміни висаджування розсади суниці садової.

Строки садіння цієї культури значно залежить від природних умов вирощування. Розсаду суниці садять як навесні, так і влітку чи восени [3]. Весною висаджують у перші дні робіт у полі. Урожай одержують на наступний рік. Літні строки садіння (упродовж липня та серпня) використовують при достатньому забезпеченні вологою та за умов пом'якшення клімату. Показники врожайності на наступний рік можуть бути низькими, однак дані насадження сприяють максимальному виходу розсади.

Проводячи сортовий набір при вирощування суниці, необхідно звертати увагу на декілька сортів, які будуть адаптованими до несприятливих факторів навколишнього середовища та забезпечать необхідний період реалізації плодів [4]. Смак, аромат, показники продуктивності, стійкість до хвороб і шкідливих організмів, придатність для транспортування являються ключовими вимогами до сортового складу [5].

При доборі сортів даної культури треба звертати увагу на те, що при температурі 30 °C і вище у рослин відбувається порушення обміну речовин. У результаті цього ягоди забарвлюються, стають твердішими та втрачають смак.

Для отримання позасезонної продукції доцільно вирощувати ремонтантні сорти суниці садової. Закладання плодових бруньок даних сортів не залежить від тривалості світлового дня, а тому плодоношення триває з кінця травня до заморозків [6].

Урожайність сортів суниці садової залежно від строків садіння розсади при краплинному зрошенні вивчали в польових дослідках, які проводили ЗГІДНО методик дослідної справи [7] упродовж 2022-2023 рр. в умовах Новобузького району Миколаївської області.

Дослід двохфакторний. Схема досліду: фактор А (сорт) - 1) Еверест; 2) Портола; 3) Фламенко; фактор В (строки садіння розсади) - 1) I декада травня, 2) III декада травня; 3) II декада червня. Повторність досліду чотириразова, облікова площа ділянки останнього порядку - 20 м².

Агротехніка вирощування ремонтантних сортів суниці садової у польовому досліді була загальноприйнята для умов зрошення Півдня України, за виключенням факторів, які досліджували. Попередник - ячмінь ярий. Обробіток ґрунту під плантацію суниці включав полицевий обробіток на 20-22 см з попереднім внесенням 400-600 кг/га суперфосфату і 300-500 кг/га хлористого калію. До моменту висаджування розсади поле підтримували у стані чорного пару. Перед висадкою підготовленої розсади сформували гряди з одночасним укладанням краплинної стрічки та мульчуючої плівки. Висаджували розсаду фріго у строки відповідно до схеми досліду. Збирання врожаю здійснювали у літньо-осінній період вручну в спеціальні картонні ящики місткістю 2,0 - 2,5 кг.

Основні метеорологічні показники у 2022-2023 рр. характеризувалися наступними показниками. На період висаджування розсади у перший згідно схеми досліду строк у 2022 р. була тепла погода. Червень характеризувався жаркою погодою. У подальшому під час вегетації суниці садової та у період збору врожаю спостерігалася тепла погода з температурою, вищою за середньо-багаторічні дані. Погодні умови вегетаційного періоду 2023 року

характеризувались такими показниками. У період садіння розсади згідно схеми досліду у перший строк (травень місяць) погода була типовою для даної зони. Червень та серпень характеризувалися досить теплою погодою, а у липні спостерігалася спека. У вересні була достатньо тепла погода, з температурою, вищою за середньо-багаторічні дані.

Нашими дослідженнями встановлено, що у середньому за два роки, садіння розсади у I декаді травня (перший строк) збільшує урожайність суниці садової у середньому по сортах на 22,6-26,7 і 48,7-64,1 % відповідно, порівняно з другим (III декада травня) та третім (II декада червня) строками.

Найвищу врожайність окремо за роками та у середньому за 2022-2023 рр. сформовано сортом Портола 12,9-19,8 т/га залежно від строків садіння розсади. У сорту Фламенко даний показник склав 11,3-16,8 т/га відповідно.

Найнижчий рівень урожайності встановлено у сорту Еверест – від 7,8 т/га за третього строку садіння розсади (II декада червня) до 16,8 т/га при садінні розсади у I декаді травня (перший строк).

Отже, результатами наших досліджень встановлено, що для отримання позасезонної ягоди для ринку свіжої продукції можна рекомендувати вирощувати при краплинному зрошенні на Півдні України суницю садову за однорічною технологією, при цьому необхідно використовувати ремонтантні сорти Портола і Фламенко та висаджувати розсаду фріго у I декаді травня.

Список використаних джерел:

1. Копитко П. Г., Буцик Р. М. Формування вегетативних і генеративних органів суниці сорту Дарунок вчителю залежно від утримання ґрунту та умов мінерального живлення. Зб. наук. пр. Уманського ДАУ. К. 2008. Вип. 67. С. 219-225.
2. Буцик Р. М. Ріст і врожайність суниці під впливом ранньовесняного вкривання рослин агроволокном, мульчування ґрунту та удобрення. Матеріали Всеукр. наук. конф. молодих вчених. Умань. 2006. С. 98-99.
3. Посадка, догляд, ґрунт: все про вирощування суниці. Сонцесад. URL: niuml.org/IghY (дата звернення: 25.10.2024).
4. Боднар В. М. Нові сорти суниці для переробки. Сад. 1995. №9. С. 14–15.
5. Складна проста суниця. Підбір сорту, строки посадки, засоби захисту. AgroPortal. URL: niuml.org/IghZ (дата звернення: 25.10.2024).
6. Характеристика сортів суниці садової. FRUIT.ORG.UA: український фруктовий портал. URL: niuml.org/Igi0 (дата звернення: 25.10.2024).
7. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П. та ін. Методика польового досліду (Зрошуване землеробство): навч. посіб. Херсон: Грінь Д.С. 2014. 448 с.

ВПЛИВ РІДКОГО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСНОГО ПРЕПАРАТУ В ЙОННІЙ ФОРМІ НА АКТИВНІСТЬ АМІНОТРАСФЕРАЗ У *TRITICOSECALE L.* ЗА РАННІХ ЕТАПАХ ОРГАНОГЕНЕЗУ

Чечуй О. Ф. (м. Харків)

Крикунова В. Ю. (м. Полтава)

Важливим завданням агробіотехнології є виробництво якісної рослинної зернової продукції в оптимальній для споживача кількості [1,2]. Україна є одним із потужних імпортерів зерна пшениці, проте, нині, не усі виробничі земельні ділянки є придатними для біотехнологічного виробництва рослинної продукції, тому актуальним є виявлення потенційних продуктивних генетичних ресурсів зернових культур. Одним з метаболічних шляхів забезпечення життєдіяльності рослинного організму є азотний, який пов'язаний із чисельними фізіологічними процесами у клітинах рослин. Серед важливих зернових культур провідне місце займає тритікале яре (*Triticosecale L.*) – важлива в харчовому відношенні культура, що є альтернативою виробництва ярих пшениці та жита, окремі сорти якої виробляються на зелений корм сільськогосподарських тварин. До ключових ензимів азотного метаболізму зернових колосових належить аспартатамінотрансфераза (EC 2.6.1.1, AsAT) та аланінамінотрансфераза (EC 2.6.1.2, AlAT) : перший ензим каталізує реакцію перенесення NH_2 -групи між аспарагіноювою кислотою та α -кетоглутаратом, другий – транспорт аміногрупи між аланіном та α -кетоглутаратом із синтезом пірувату та глутамату, кофактором цих ензимів є піридоксальфосфат [3]. Актуальним є виявлення потенційних продуктивних можливостей рослин на ключових етапах органогенезу зернових колосових культур є застосування рідких комплексних препаратів з модифікованим хімічним складом, а також порівняння ефектів останніх із стандартизованими рідкими комплексними добривами. В той же час, у разі позаоптимальних критеріїв дії хімічних складових інноваційних агропрепаратів на клітини рослин може розвиватись їх стресовий стан, початковим етапом якого

є підвищення рівня перекисного окиснення ліпідів, тобто, інтенсифікація утворення вільних радикалів у клітинах рослин за стану хімічного розбалансування [4], тому визначення вмісту одного з показників ПОЛ, а саме, вміст ТБК-активних продуктів, є найбільш адекватним тестом на рівень здійснення процесів ліпопероксидації в рослинному організмі. Автором даної роботи розроблено експериментальний агропрепарат, до рецептури якого входять як біогенні, так й біоцидні мінеральні елементи, хелатовані сукцинатом у доступній для рослин формі, з'ясування біологічного ефекту якого на активність ключових ензимів метаболізму нітрогену у *Triticosecale L.* становить завдання даної роботи, що потребує науково-обґрунтованих експериментальних досліджень.

В роботі використовували каліброване насіння тритикале ярого (*Triticosecale L.*) комбікормового використання сорту Ландар, яке створене шляхом гібридної комбінації сорту Микола із сортами Славетна × Вікторія, вирощували якого проводили в умовах виробничого стаціонару ДПДГ «Миклашів» Пустомитівського району Львівської області, с. Оброшине на обраних ділянках розміром 0,36 м² у чотирикратній повторюваності варіантів при їх розміщенні вручну рендомізованим способом. Здійснювали двократну екзогенну обробку зелених посівів у фазі двох сформованих листків рідким комплексним експериментальним препаратом під робочою назвою «авакам-2-с-експ», розробленим автором даної роботи, що являє собою йонний розчин, розроблений з урахуванням синергетично-антагоністичних взаємодій окремих елементів, внесених у рецентуру останнього ході виробництва у певній послідовності, хімічними компонентами до складу якого є: макроелементи у формі (NH₄OH, K₂CO₃, CaCl₂, Na₂SO₄, Mg(NO₃)₂, NaH₂PO₄), мікроелементи Zn, Fe, Mn, Cu, – у формі хлоридів, NaMoO₄, Na₂BO₄, ультрамікроелементи: Se, Si, Ag, V, Ni, Ti, La, Ge, Cr, Cs, а також органічні складові, зокрема, сукцинат натрію. Для порівняння біологічної дії даного агробіотехнологічного препарату на

досліджені в роботі критерії якості рослин використано рідкий комплексний стандартизований препарат «аватар-2», що являє собою нейонний колоїдний розчин нанометалів, до рецептури якого входять макроелементи (N, P, K, Ca, Mg, S, Na), мікроелементи: Zn, Fe, Mn, Cu, B, Mo, а також ультрамікроелементи: Se, Si, Ag, V, Ni, Ti, La, Ge, Cr, Cs, хелатовані органічними кислотами (ТОВ «Defenda»).

Аналіз рослинного матеріалу проводили у фазу кушіння посівів *Triticosecale L.* Активність AsAT та AlAT визначали за реакцією із 2,4-дінітрофенілгідрозином у лужному середовищі за внесення субстратно-буферного розчину, що містив фосфатний буфер, аспарагінову кислоту та 2-оксоглутарат, реакції проводили у лужному середовищі за допомогою фотоелектроколориметру КФК-2 при γ 540 нм згідно [5]. Вміст ТБК-активних продуктів визначали із реакцією з 2-біобарбітуровою кислотою після осадження протеїнів трихлороцтовою кислотою у бутанольних безбілкових гомогенатах за допомогою спектрофотометру СФ-26 при γ 532 нм згідно [6].

В результаті проведеної роботи виявлено, що в листі *Triticosecale L.* на етапі кушіння посівів за дії препарату Аватар-2 відбувається підвищення активності AsAT та AlAT, в середньому, на 37,76 та 28,23 %, відповідно, в той час, як препарат «Авакам-2-експ» виявляє інший біологічний ефект на досліджені ключові ензими азотного обміну, а саме, активність першого ензиму підвищується в 1,24 разів, другого – на 43,21%, в середньому, відносно контрольних варіантів дослідження. На фоні вищенаведеного метаболічного стану рослини як результату впливу рецептурних компонентів досліджених агропрепаратів, вміст ТБК-активних продуктів за дії стандартизованого рідкого комплексного препарату підвищується, в середньому на 46,3 %, а за впливу експериментального – лише на 26,8 %, що може бути проявом прооксидатного ефекту, адже певний рівень перебігу вільнорадикальних хімічних реакцій є фізіологічним критерієм життєзабезпечення рослинних клітин.

Сукцинат використовуються у харчовій промисловості, а у рослинах приймає участь в важливих фізіологічних процесах їх життєдіяльності, таких як, фотосинтез, фотодихання, цикл Кребса, гліюксилатний цикл, в той час, як мінеральні елементи у рослинах приймають участь у мінеральному живленні, макроелементи є складовими окремих органічних сполук, мікроелементи – ензимів, роль окремих біогенних ультрамікроелементів полягає у забезпеченні перебігу альтернативних біохімічних процесів, притаманних рослинному організмові [7]. В реакціях АІАТ та АсАТ утворюється піруват і оксалоацетат, відповідно, як ключові субстрати гліюконеогенезу, тому підвищення за дії досліджених агропрепаратів віддеркалює активацію синтезу вуглеводів, необхідних для ростових процесів. Крім того, ензими АсАТ та АІАТ відіграють ключову роль у метаболізмі аспартату, аланіну та глутамату, крім того, ці два ензими використовуються для утворення амідів – аспарагіну і глутаміну, тому підвищення їх активності є умовою накопичення цих амідів в якості резерву NH_4^+ [8]. Нітрогеновмісні продукти цих ензиматичних реакцій використовуються у кількох біохімічних процесах в листі *Triticosecale L.*, таких як, утворення амінокислот шляхом амінування кетокислот, накопичення глутаміна, окиснення в циклі Кребса із синтезом аденозинтрифосфатів та відновних еквівалентів.

Виявлені в експериментах особливості впливу дослідженого агропрепарату на активність ключових ензимів азотного метаболізму в фотосинтезувальних органах *Triticosecale L.* доводять залежність останнього від хімічної форми та концентрації рецептурних компонентів, фізіологічного стану та умов виробництва сільськогосподарських культур. Застосований в роботі експериментальний препарат спричиняє активацію прояву адаптивних властивостей рослинного організму, тому його застосування в технологіях розвитку рослин може бути ефективним за негативних умов агровиробництва, а специфічність впливу його хімічних складових у відповідних хімічних формах

може стати підґрунтям технологічної розробки інноваційних препаратів за вдосконалення їх рецептури, найбільш ефективної для різних груп сільськогосподарських культур за їх фізіологічних параметрів. Перспективою проведених експериментальних досліджень буде удосконалення технологій розробки інноваційних рідких комплексних препаратів певної хімічної рецептури, та, як наслідок, біологічної дії на метаболічний стан рослин в процесі формування якісних характеристик врожаю.

Список використаних джерел:

1. Veremeenko, S., Furmanets O., Vozniuk N., Oliinyk O. The effect of the application of liquid complex fertilizers and mixtures based on them on the productivity of corn in the conditions of the Western Polissia. *Scientific Horizons*, 2023. Vol. 26. № 4. P. 97 – 107.
2. Jaśkiewicz, B. Effects of tillage systems and nitrogen fertilization on the yield of the selected spring triticale varieties. *Polish Journal Agronom.*, 2021. Vol. 46. P. 9 – 13.
3. Lancien, M., Gadai, P., Hodges, M. Enzyme redundancy and the importance 2-oxoglutarate in higher plants ammonium assimilation. *Plant Physiological*. 2018. Vol. 123. P. 817 – 824
4. Hasanuzzaman, M., Raihan Md. R.U., Masud A.A.C., Rahman K., Nowroz F., Rahman M., Nahar K., Fujita M. Regulation of reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under salinity. *International Journal of Molecular Sciences*, 2021. Vol. 22. № 11. P. 2408 – 2426.
5. Reitman, S.A., Frenkel, S. 1966. Colorimetric methods for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminas. *American Journal Clinical Pathology*. 1966. Vol. 28. № 1. P. 56 – 63.
6. Hognes, D. M., Delong Y., M, Forney C., F. Prance R., K. Improving the thiobarbituric acid reactive substrates assay for estimating lipid peroxidation in plant tissue containinf anthocyanin and other interfering compound. *Planta*. 1977. Vol. 207. P. 604 – 611.
7. Igamberdiev, A.U., Bykova N.V. Role of organic acids in the integration of cellular redox metabolism of redox signaling in photosynthetic tissues of higher plants. *Free Radical Biology and Medicine*. 2018. Vol.122. P. 74 – 85.
8. Чечуй О. Ф. Біохімія рослин: навч. посіб. Харків: ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. 2021. 155 с.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА: ЗОВНІШНІ МЕТОДИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ

Бараболя О.В. (м.Полтава)

Уявіть собі зерно як живий організм, адже в його структурі постійно протікають різноманітні біологічні та хімічні реакції. Під час зберігання зерно продовжує «дихати», втрачаючи масу через процеси розщеплення цукрів та інших органічних речовин. Цей процес значною мірою залежить від змін температури та вологості у масі зерна. Саме тому критично важливо постійно

контролювати ці два параметри, оскільки вони безпосередньо впливають як на якість, так і на обсяг збереженого врожаю [1].

При підвищенні температури зерно починає інтенсивніше «дихати», що характерно для теплої пори року, особливо у складах для зберігання. Це активізує процеси виділення вологи, вуглекислого газу, а також самозігрівання, що в кінцевому підсумку спричиняє значні втрати ваги продукції та, відповідно, зменшення її ринкової вартості [2].

Які ж оптимальні умови для зберігання зерна. Найбільш економічно вигідною є температура на рівні -12°C або нижче. Оптимальний рівень вологості становить 17%. За таких умов втрати врожаю можуть бути мінімальними - лише 0,1% на місяць. Проте важливо врахувати, що максимально допустимий період зберігання за цих умов обмежується 3,5 місяцями [5].

Окрім температури та вологості, на стан зерна впливають й інші чинники. Зокрема, наявність у зерновій масі шкідників може стати причиною значного зменшення обсягів продукції - до 25%, якщо вчасно не вжити відповідних заходів для їх знищення [3].

Попри розвиток технологій та впровадження нових рішень, основні принципи зберігання зерна залишаються стабільними. Як і раніше, для цього використовуються елеватори, силоси та спеціалізовані склади, обладнані відповідно до вимог щодо зберігання сільськогосподарської продукції.

Виділяють сім основних типів зерносховищ, кожен з яких виконує своє призначення [4]:

1. Заготівельні склади - зазвичай будуються поруч із великими аграрними підприємствами та призначені для тимчасового розміщення врожаю. Тут також проводять початкову обробку зерна перед посівною кампанією.
2. Перевалочні пункти - використовуються для логістичних операцій, зокрема перевантаження зерна з одного виду транспорту на інший. Їх

- зазвичай розміщують у безпосередній близькості до фермерських господарств або магістральних шляхів (автомобільних, залізничних, річкових тощо). Термін зберігання тут короткочасний.
3. Базисні сховища - призначені для збереження продукції, яка надходить на переробні підприємства або готується до експорту. Тут зерно проходить глибоке очищення і може зберігатися протягом тривалого періоду.
 4. Фондові сховища - формують державний резерв зернових. Такі склади мають велику місткість та використовуються лише у виняткових ситуаціях, наприклад, для поповнення національних запасів або під час дефіциту на ринку.
 5. Виробничі склади - інтегровані до структури підприємств з переробки зерна. Тут зберігається як сировина, так і продукція після обробки.
 6. Портові зерносховища - розташовані у безпосередній близькості до морських або річкових портів. Призначені для зберігання великих обсягів зерна перед його відправленням за кордон. Термін зберігання зазвичай невеликий.
 7. Реалізаційні склади - забезпечують аграрні компанії зерном і продуктами його переробки. Приймають урожай від сільгоспвиробників та займаються реалізацією продукції.

Хоча кожен тип зерносховища має своє функціональне навантаження, всі вони потребують надійного захисту не лише зсередини, а й від впливу зовнішнього середовища. Адже навіть сучасне обладнання не зможе повністю компенсувати негативні наслідки впливу кліматичних чи біологічних чинників на якість і кількість урожаю [5].

Основні зовнішні методи зберігання зерна

Зовнішні методи зберігання - це підходи до організації збереження зернових культур, що базуються на фізичних умовах утримання врожаю. Серед

них виділяють три ключові методики: сухе, охолоджене та анаеробне зберігання. Розгляньмо їх детальніше.

1. Сухе зберігання

Цей метод ґрунтується на явищі ксероанабіозу - переході біологічного матеріалу у стан глибокого анабіозу в умовах низької вологості. Перед початком зберігання зерно піддається сушінню - частково або повністю, залежно від потреби. За дотримання правильного температурного режиму, ефективної вентиляції та відсутності шкідників, зерно можна зберігати в такому стані до 10 років і більше.

2. Зберігання з використанням охолодження

Цей підхід передбачає підтримання у сховищі низької температури, зазвичай у межах від +5 до +12°C. Основною перевагою є зниження темпів біологічних процесів у зерні, що дозволяє мінімізувати втрати якості та ваги.

Системи вентиляції при цьому мають працювати безперервно і бути налаштованими як на приплив, так і на витяжку повітря. У теплу пору року вентиляцію доцільно вмикати тільки вночі, а взимку - забезпечити її цілодобову роботу. Також важливо уникати появи конденсату, оскільки надмірна вологість може зіпсувати урожай. Якщо дотримано всіх умов, деякі види зернових культур можна зберігати у охолодженому стані понад 10 років [4].

3. Анаеробне (безповітряне) зберігання

Цей метод ідеально підходить для підприємств, які роблять ставку на збереження максимальної якості зерна. За рахунок видалення кисню зі сховища усуваються всі живі організми, включно зі шкідниками, а сам продукт переходить у стан консервації.

Зерно зберігається в герметичних резервуарах, з яких видаляється повітря. Для досягнення швидкого ефекту використовують додаткові речовини, такі як сухий лід або вуглекислий газ. Завдяки цьому методу зберігаються всі цінні властивості зернової маси.

Безповітряне зберігання може забезпечити тривалий термін збереження - до кількох десятиліть. Проте для його успішного застосування необхідно суворо контролювати умови, що гарантують стабільність стану врожаю.

Як ефективно захистити зерно від шкідників

Одним із найважливіших етапів у підготовці врожаю до зберігання є боротьба з комахами-шкідниками. Цей процес має розпочинатися ще до завантаження зерна у сховище або ж контролюватися протягом усього періоду його зберігання. Чим ретельніше проведено обробку, тим менше шансів на виникнення осередків зараження в зерновій масі [1].

Сьогодні застосовуються три сучасні методи боротьби зі шкідниками у зерносховищах, що забезпечують як знищення комах, так і профілактику їх повторної появи:

1. Небулізація

Це один із найефективніших сучасних способів дезінсекції. Метод полягає у розпиленні над зерном спеціальних інсектицидних препаратів. Ці речовини миттєво вступають у взаємодію з комахами, знищуючи як дорослих особин, так і їхнє потомство протягом максимум 72 годин [2].

Переваги небулізації:

- Має тривалий залишковий ефект, який зберігається від 3 до 12 місяців після обробки.
- Не впливає на властивості зерна чи якість кінцевої продукції - препарати містять 0% діючої речовини у готовій продукції.
- Економна в застосуванні - потрібно лише 4–8 літрів засобу на 100 тонн зернової маси.
- Не потребує дорогого обладнання: достатньо орендувати установку й пройти короткий інструктаж.

Метод добре підходить для механізованих елеваторів і дає відмінні результати навіть на великих висотах - до 100 м. Крім того, препарати екологічно

безпечні та не становлять загрози для людини за умови дотримання техніки безпеки [3].

2. Фумігація

Цей метод передбачає використання токсичних речовин (у вигляді газу чи пари) для повного знищення шкідників. Фумігацію дозволено проводити виключно сертифікованим підприємствам з відповідною ліцензією.

Недоліки методу:

- Перед обробкою необхідно герметично закрити приміщення.
- Фумігацію дозволено проводити тільки на складах, що розташовані не ближче ніж 50 метрів від житлових будівель.
- Після процедури потрібно провести дегазацію, яка займає до 20 днів – до її завершення зерно не можна використовувати.

Хоча метод надзвичайно ефективний, він вимагає часу та дотримання суворих заходів безпеки.

3. Метод охолодження

Цей спосіб базується на зниженні температури до рівнів, при яких шкідники не виживають. Стандартна температура зберігання - 0°C, але для повного знищення дорослих особин потрібне зниження температури до -15°C або нижче [5].

Основні недоліки:

- Висока вартість обладнання для вентиляції та охолодження приміщень.
- Існує ризик появи плісняви, оскільки під час охолодження може різко підвищитися вологість повітря.

Загалом, метод ефективний, але вимагає значних ресурсів і ретельного контролю умов у зерносховищі.

Список використаних джерел:

- 1 Бараболя О. В. *Можливості контролю якості харчових продуктів. «Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів»: матеріали VII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції 2–3 квітня 2020 року.* Полтава: ПУЕТ, 2020. С. 186-188
2. Бараболя О.В., Кириченко Д. В. *Обґрунтування промислових технологій зберігання зерна в надзвичайних*

ситуаціях . Матеріали XII науково-практичної інтернет–конференції «Актуальні напрямки та інновації у вирішенні проблем галузі рослинництва» присвячена 180 річчю з дня народження професора А. Є. Зайкевича. ПДАУ, 2022. С. 117-119 3. Бараболя О.В. Система контролю якості продукції рослинництва. «Якість та безпечність продукції у внутрішній та зовнішній торгівлі й торгівельне підприємництво: сучасні вектори розвитку і перспективи» Мат. II міжн. науково-практично конф. Полтава 15 лютого 2023 року ПДАУ 2023 С.10- 12 4. Бараболя, О. В. Зберігання зерна в полімерних рукавах як відповідь на виклик воєнного часу в Україні. Scientific Progress & Innovations, 27(2), Полтава 2024. 36-41. 5. Жемела Г.П. Стандартизація і управління якістю продукції рослинництва. Полтава: 2006. 212 с.

ФОРМУВАННЯ НАСІННЄВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ СТОКОЛОСУ БЕЗОСТОГО

Марініч Л.Г. (м. Полтава)

Насіннєва продуктивність у багаторічних злакових трав залежить в основному від кількості генеративних пагонів на рослині та одиницю площі, насіннєвої продуктивності кожного пагона, кількості пагонів на рослину, маси насіння кожного пагона. Тому у селекційних та генетичних дослідженнях вивчення цих ознак набуває важливого значення.

Дослідження проводилися в 2022–2024 роках на Полтавській ДСГДС ім. М. І. Вавилова ІС і АПВ. Матеріалом для дослідження були сорти стоколосу безостого селекції різних наукових установ України: Полтавський 52, Полтавський 5, Полтавський 30, Арсен, Сиваш, Марс, Геліус, Скіф, Таврійський.

Число генеративних пагонів у дослідженнях, які проводились, має значний вплив на врожай насіння культури, коефіцієнт кореляції складає приблизно $r = 0,95-0,98$. За роки досліджень кількість генеративних пагонів у сортів стоколосу безостого коливалася в межах 18-74 шт./кущ.

У 2022 році кількість генеративних пагонів у сортів стоколосу безостого була досить невисока і становила від 11 до 24 шт./кущ. Це можна пояснити тим, що у перший рік життя рослини стоколосу формують велику кількість вегетативно-подовжених пагонів, і зовсім незначну кількість генеративних.

Найменшу кількість генеративних пагонів мали сорти Сиваш (12 шт./кущ) та Геліус (10 шт./кущ). Середню кількість генеративних пагонів мали сорти Полтавський 30 (12 шт./кущ), Таврійський (12 шт./кущ) та Борозенський 7 (16 шт./кущ). Велику кількість генеративних пагонів мали зразки Полтавський 5 (24 шт./кущ), Марс (22 шт./кущ), Скіф (18 шт./кущ), Арсен (18 шт./кущ).

На другий рік використання кількість генеративних пагонів зросла і коливалась в межах 39-77 шт./кущ. Найменшу кількість генеративних пагонів мали сорти Борозенський 7 (39 шт./кущ), Таврійський (45 шт./кущ), Геліус (44 шт./кущ) та Сиваш (46 шт./кущ). Середню кількість генеративних пагонів мали сорти стоколосу безостого Полтавський 30 (58 шт./кущ), Арсен (57 шт./кущ) та Скіф (58 шт./кущ). Високу кількість генеративних пагонів мали сорти Полтавський 5 (78 шт./кущ), Марс (69 шт./кущ). Кількість генеративних пагонів у сорту стандарту Полтавський 52 становила 69 шт./кущ.

На третій рік використання травостою стоколосу безостого кількість пагонів у сортів коливалася в межах 42-88 шт./кущ. Найменша кількість генеративних пагонів була відмічена у сортів Борозенський 7 (43 шт./кущ), Таврійський (48 шт./кущ), Сиваш (50 шт./кущ). Середню кількість мали сорти Арсен та Геліус (52 шт./кущ), Полтавський 30 (51 шт./кущ). Високу кількість генеративних пагонів мали сорти Скіф (62 шт./кущ), Марс (67 шт./кущ) та Полтавський 5 (89 шт./кущ).

За 3 роки вивчення середня кількість генеративних пагонів коливалася в межах 33-63 шт./кущ. Найменша їх кількість була у сортів Борозенський 7 (33 шт./кущ), Таврійський, Сиваш та Геліус (36 шт./кущ). Середню кількість генеративних пагонів мали сорти Полтавський 30 (42 шт./кущ), Арсен (43 шт./кущ) та Скіф (47 шт./кущ). Найбільша кількість генеративних пагонів у зразків стоколосу безостого була у сортів Полтавський 5 (62 шт./кущ) та Марс (52 шт./кущ).

Такий елемент, як довжина волоті впливає на урожай насіння. Результати вивчення кореляційних зв'язків вказують на залежність між цими показниками, коефіцієнт кореляції складає $r = 0,84-0,92$.

Також важливим показником, який впливає на насіннєву продуктивність є довжина волоті. Довжина волоті у сортів стоколосу безостого у 2022 році була в межах 13,4-18,8 см. У сорту стандарту Полтавський 52 вона становила 14,8 см. Перевищили стандарт за цією ознакою у 2022 році сорти Полтавський 5 (18,8 см), Арсен (16,4 см), Марс (18,4 см), Геліус (16,2 см) та Скіф (17,2 см).

Найкоротшою волоть була у сортів Таврійський (13,4 см), Борозенський 7 (13,8 см), Сиваш (13,9 см). Середню довжину волоті мав сорт стоколосу безостого Полтавський 30 (14,3 см).

У 2023 році довжина волоті у сорту-стандарту Полтавський 52 була 15,2 см. Найменша довжина волоті була у сорту Таврійський (13,9 см). Середню довжину волоті мали сорти Полтавський 30 (14,5 см), Сиваш (14,2 см), Борозенський 7 (14,7 см). Найдовшою волоть мали сорти Полтавський 5 (17,9 см), Арсен (16,9 см), Марс (17,7 см), Геліус (16,4 см) та Скіф (16,7 см).

У 2024 році найдовша волоть була у сортів Полтавський 5 та Марс (18,1 см). Найкоротшу волоть мали сорти Таврійський та Сиваш (13,9 см). Середня довжина характерна для сортів Арсен (16,4 см), Геліус (16,2 см) та Скіф (16,8 см).

За три роки вивчення стандартний сорт Полтавський 52 перевищив сорт Полтавський 5, довжина його волоті перевищувала стандарт на 20,5%, сорт Арсен на 8,8%, Геліус та Скіф на 11,3%. У 2022 році ширина волоті у сортів стоколосу безостого коливалась в межах 4,3-8,7 см. У сорту стандарту Полтавський 52 рівень прояву цієї ознаки становив 5,9 см. Перевищили його сорти Полтавський 5 (8,7 см), Марс (8,3 см) та Скіф (7,1 см). Середню ширину волоті мали сорти Полтавський 30 (5,3 см), Арсен (6,3 см), Геліус (6,1 см).

Найменшою ширина волоті була у сорту Таврійський (4,3 см), Борозенський 7 (4,7 см) та Сиваш (4,8 см).

У 2023 році ширина волоті у сортів коливалася на рівні 4,5-7,9 см. Найменшою ця ознака була у сорту Борозенський 7 (4,5 см), Таврійський (4,8 см), Сиваш (4,1 см). Середній рівень прояву ознаки мали сорти Полтавський 30 (5,4 см), Геліус (6,4 см) та Скіф (6,5 см). Високий прояв ознаки мали сорти Полтавський 5 (7,9 см), Арсен (6,9 см) та Марс (7,7 см). Рівень прояву ознаки у сорту стандарту Полтавський 52 був на рівні 5,3 см. У 2024 році ширина волоті у сортів коливалася на рівні 4,2-8,1 см. У сорту стандарту Полтавський 52 ширина волоті була 5,3 см. Найширшою волоть була у сортів Полтавський 5 та Марс (8,1 см). Середній рівень прояву ознаки мали сорти Арсен (6,1 см), Геліус (6,1 см) та Скіф (6,6 см). Неширокою волоть була у сортів Сиваш (4,6 см), Таврійський (4,9 см) та Борозенський 7 (4,2 см). За три роки вивчення у наших дослідженнях стандартний сорт Полтавський 52, який мав ширину волоті 5,7 см, перевищили за рівнем прояву даної ознаки сорти Полтавський 5 (8,2 см), Арсен (6,4 см), Марс (8,0 см), Геліус (6,2 см) та Скіф (6,7 см). Найменша ширина волоті була у зразків Борозенський 7 (4,5 см) та Сиваш (4,4 см).

Для використання на насінні цілі в умовах Полтавщини краще використовувати сорти стоколосу безостого: Полтавський 5, Арсен, Марс та Геліус.

ВМІСТ ФЛАВОНОЇДІВ У НАСІННІ НОВИХ СОРТІВ СОЇ БЕЗ ОПУШЕННЯ

Білявська Л. Г., Білявський Ю.В. (м. Полтава)

Сою широко використовують у кормовиробництві, харчовій та фармацевтичній промисловості [1]. З насіння виробляють борошно, олію, крупи, аналоги м'ясних та молочних продуктів, сурогат кави тощо; із недозрілого насіння – різноманітні страви, консерви; вегетативну масу згодовують худобі, а

рослинні рештки – для виробництва біопалива [2]. Для кожного напрямку використання необхідні сорти з відповідними якісними характеристиками. Тому, подальший прогрес селекції буде залежати від наявності у селекціонерів значного різноманіття вихідного матеріалу в тому числі і без опушення[3].

Соя, як унікальна за хімічним складом культура, є особливо багатим джерелом цінних фітохімічних речовин, включаючи флавоноїди. Це група біологічно активних водорозчинних сполук, із загальною формулою C₆-C₃-C₆. До них відносять наступні групи біологічно активних сполук: власне флавоноїди (справжні флавоноїди), ізофлавоноїди та неофлавоноїди. Їх класифікують (на основі хімічної будови) на підкласи (антоціани, халкони, флаванони, флаволи, флавоноли, флаван-3-оли). Антоціани (пігменти), які обумовлюють колір квітів і насінневої шкірки та володіють сильними антиоксидантними властивостями. Завдяки їхнім корисним властивостям ці антоціани широко використовуються в харчовій промисловості. Ізофлавоноїди – це підгрупа флавоноїдів, які називають фітоестрогенами (сполуки рослинного походження, що дають ефекти, схожі з жіночим гормоном естрогеном). Серед всіх корисних речовин, що містяться у сої ці сполуки є найбільш цінними для здоров'я людини, тому що володіють чудовими профілактичними і терапевтичними властивостями проти багатьох захворювань в тому числі і проти раку.

Ізофлавоноїди сої хоча і мають хімічну будову, що подібна до будови природних естрогенів, але діють слабше ніж останні. Дослідження, які присвячені встановленню естрогенної активності ізофлавононів сої та активності природних і синтетичних фармацевтичних естрогенів показало, що різниця полягає в їх дії на молекулярному рівні. В ході досліджень виявлено здатність ізофлавононів зв'язувати естрогенні рецептори в неоплазмі, але значно слабше ніж це роблять природні естрогени. Цінність впливу ізофлавононів на естрогенний статус тканин полягає в тому, що вони можуть діяти як антиестрогени. В наслідок того, що ізофлавоноїди сої зв'язують естрогенні рецептори це не дає

змоги останнім вступати у взаємодію з більш сильними природними естрогенами. Результатом цього зв'язування рецепторів ізофлавоної і їх сполуки знижують рівень естрогенного навантаження на тканини, відіграючи роль часткових або повних антагоністів естрогенних ефектів. З огляду на те, що сильні естрогенні ефекти або вплив естрогенів на тканини сприяють розвитку ракових захворювань, саме антиестрогенний ефект ізофлавоної науковці вважають одним із проявів їх антиканцерогенної дії. Антиестрогенний ефект ізофлавоної – не єдина їхня цінність для здоров'я людини, вони володіють ще рядом інших корисних властивостей, що є предметом наукових досліджень і клінічних дослідів. Лікувальні властивості сої обумовлені вмістом у ній двох основних ізофлавоної: геністеїну і даїдзеїну. Ці ізофлавоної або їх попередники геністин і даїдзин містяться виключно тільки в сої.

Флавоноїди, які містяться в сої мають надзвичайно різноманітні поживні і біологічні властивості, а також антиканцерогенну, протизапальну, протиалергійну, антинеоплазматичну, протимікробну дію. Флавоноїди сої дуже фізіологічно активні і можуть спричинювати широкий спектр впливу на такі функції тваринних організмів як ендокринна, гормональна, передача нервових імпульсів, щеплення молекул або клітин в патологічних або фізіологічних процесах.

В соєвих продуктах рівень ізофлавоної залежить від сировини, із якої їх виготовляють, тобто від їх вмісту в насінні того чи іншого сорту цієї культури. Тому дослідження вмісту флавоноїдів у насінні сучасних сортів є актуальним.

Селекціонерами наукової лабораторії «Селекції, насінництва і сортової агротехніки сої» Полтавського державного аграрного університету виведені нові лінії сої без опушення [5-6], які мають різну тривалість вегетаційного періоду. За урожайністю насіння вони перевищують сорти-стандарти на 15-20%, зеленої маси – на 10-15% і мають високі показники господарської придатності. Їх особливістю є широкий спектр забарвлення насіннєвої шкірки.

Метою наших досліджень було визначити вміст флавоноїдів у насінні селекційних ліній без опушення, які різняться кольором насіннєвої оболонки. У п'яти ліній без опушення забарвлення насіннєвої шкірки було наступним: чорне, коричневе, руде, зелене, жовте. Аналіз вмісту в їх насінні ізофлавоноїдів і антоціанів показав, що максимальний вміст ізофлавоноів (500 мкг/г) був у лінії № 307 із рудим кольором насіннєвої шкірки. Найменший вміст ізофлавоноїдів (293,4 мкг/г) виявили у лінії № 342, яка має зелене забарвлення насіннєвої шкірки. Лінії № 301, № 305, № 353, насіннєва шкірка яких чорного, коричневого і жовтого кольору мали вміст ізофлавоноів 380,4, 347,8, 304,4, і мкг/г відповідно. Найбільший вміст антоціану (175,7 мкг/г) відмічено у чорно насінної лінії № 301. Мінімальний (22,1 мкг/г) – у жовто насінної лінії № 353. Лінії № 305 і № 307, які відрізняються коричневим і рудим забарвленням насіннєвої шкірки мали однаковий вміст антоціану – 82,7 мкг/г. У лінії № 342 із зеленою насіннєвою шкіркою цей показник становив 45,1 мкг/г.

Таким чином, новостворені лінії сої без опушення мають багатий хімічний склад, в тому числі різний вміст біологічно активних сполук.

Список використаних джерел:

1. Білявська, Л.Г. Сучасні напрями та завдання в селекції сої. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2009. №2. С. 38–40.
2. Білявська Л. Г., Білявський Ю. В. Економічна ефективність вирощування сучасних сортів сої для виробництва біосировини. Енергоефективність і енергонезалежність сільських територій: передумови формування та функціонування : кол. моногр.; за ред. Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб, О. О. Горба. Полтава : Вид. ПП «Астрія», 2020. С. 87–93.
3. Білявська Л.Г., Пилипенко О.В., Діянова А.О. Новостворені неопушені форми сої. Генетичні ресурси рослин. Науковий журнал. Харків. 2012. № 10/11. С. 140–145.
4. Кириченко В.В., Рябчун В.К., Богуславський Р.Л. Роль генетичних ресурсів рослин у виконанні державних програм. Генетичні ресурси рослин. 2008. №5. С. 7–13.
5. Білявська Л. Г., Білявський Ю. В., Діянова А. О., Гарбузов Ю. Є. Селекційна цінність неопушених ліній сої [*Glycine max* (L.) Merrill] для різних напрямів використання. Plant Varieties Studying and protection. 2020. Т. 16. № 3. С. 284–290.
6. Білявська Л.Г., Білявський Ю.В., Діянова А.О., Гарбузов Ю.Є. Нові селекційні форми сої для кормовиробництва. Вісник ПДАА. 2021. №3. С. 58–65.

ОЦІНКА СУЧАСНИХ СОРТІВ СОЇ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПОСУХИ

Рибальченко А.М., Ісаков Р.Р. (м. Полтава)

У сучасних умовах зміни клімату проблема вирощування посухостійких сортів набуває особливої актуальності. Соя (*Glycine max L.*) є однією з головних зернобобових культур, але її врожайність значною мірою залежить від достатнього зволоження. Вивчення стійкості сучасних сортів сої до посухи дозволяє підвищити ефективність селекції та забезпечити стабільне насінництво в умовах недостатнього вологозабезпечення [1].

Селекція сої на посухостійкість потребує комплексного підходу. Для успішного створення нових сортів важливо поєднувати толерантність до посухи з високим генетичним потенціалом урожайності. Посухостійкі сорти характеризуються такими ознаками: розвинена коренева система, що дозволяє ефективно використовувати ґрунтову вологу, пластичність до різних ґрунтово-кліматичних умов – здатність адаптуватися без втрати врожайності, висока здатність до відновлення тургору після короткочасної посухи [2].

Основні труднощі селекції на посухостійкість: складність точного моделювання посухи в польових умовах, значна мінливість прояву ознаки залежно від погодних умов року, необхідність поєднувати стійкість з продуктивністю, а не просто відбирати витривалі, але низьковрожайні форми. Фактором підвищення стійкості до посухи сої є потужна коренева система, а також глибоке її залягання, що надає можливість рослинам ефективно використовувати вологу з нижніх шарів ґрунту. Показником адаптивності рослин до умов вологозабезпечення може бути використаний індекс площі листя [3].

Дослідження сортового складу сої за стійкістю до посухи здійснювали шляхом аналізу Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні на 2024 рік [4] та Офіційних описів сортів рослин та показників

господарської придатності, для умов Лісостепу України, представлених у Бюлетенях «Охорона прав на сорти рослин» у Інформаційно-довідковій системі «Сорт» [5].

В 2024 році Державний реєстр сортів рослин, придатних до поширення в Україні нараховував 340 сортів сої.

В Реєстрі наявні сорти вітчизняної та іноземної селекції. За тривалістю періоду вегетації сорти сої, у Реєстрі розподіляються на групи: ранньостиглі, скоростиглі, середньоранні, середньостиглі. Група стиглості певною мірою впливає на адаптацію до кліматичних умов, рівень урожайності, якість насіння та придатність до вирощування в певній ґрунтово-кліматичній зоні [6].

Бал стійкості до посухи в межах сортів Реєстру варіював від 5 до 9 балів. Найбільш посухостійкі сорти сої мали показник стійкості до посухи 9 балів. Це сорти Абака, Алісія, Альвеста, Атрактор, АФК Спрін, АФК Фест, Ахілеа, АФК Темпо, Беркана, Гуцулка, Геба, Дакота, ДМ Еастіна, ДХ 530, ДХ 618, ЕС Візитор, ЕС Компетитор, Зміна, Калгарі, Камея, Кінгстон, Кобуко, Королева, Крістіан, Ліска, Мая, ОАЦ Альмонд, ОАЦ Аттіка, ОАЦ Дункель, ОАЦ Камран, ОАЦ Кенді, ОАЦ Лейквью, Писанка, Перлина, Покахонтас, ПР2203, РЖТ Сакуза, РЖТ Сальса, Рівертон, Санрайз, Сахара, Сассекс, Стайн 02Н23, Стайн 06Н02, Стайн 20Н23, Стіне 11Н20, Фйорелла, Фріне.

Стійкість сортів сої до посухи 8,9 балів: РЖТ Спеда, Рогізнянка.

Стійкість сортів сої до посухи 8,8 балів: НС Максимус.

Стійкість сортів сої до посухи 8,7 балів: Арніка, Асука, ОАЦ Медок.

Стійкість сортів сої до посухи 8,6 балів: Авантюрин, ЕС Навігатор, Кофу, Переяславка, Сайдіна.

Стійкість сортів сої до посухи 8,5 балів: Аріса, Голубка, Кано, Ліссабон, Монарх, Педро, Райдуга, Святогор, Сігалія, Султана.

Стійкість сортів сої до посухи 8,4 бали: Аквамарин, Алінда, Кордоба, Мелодія, Мілленіум, Софія.

Стійкість сортів сої до посухи 8,3 бали: Абеліна, Аляска, Галлек, Златослава, Красуня, Муза, ОАЦ Брук, Ранок, Саска, Сілесія, Тріада.

Стійкість сортів сої до посухи 8,2 бали: Адамос, Александрит, Діадема Поділля, ЕС Ментор, Кобза, Криниця, ОАЦ Аватар, Різдвяна, Симфонія, Скульптор, Фаворит.

Стійкість сортів сої до посухи 8,1 бали: Ариадна, Байка, Нордіка, Рапсодія, Сіверка, Спритна.

Стійкість сортів сої до посухи 8 балів: Авріл, Аврора, Адельфія, Адесса, Азимут, Азюра, Акардія, Албенга, Алекса, Алтона, Альгіз, Амадеа, Амбелла, Ангеліка, Аратта, Асана, Атакама, Ауреліна, Беттіна, Вишиванка, Віола, Віста, Віталіна, Вольта, ГЛ Мелані, Господиня, Граф, Джейд, ДМ Амбар, ДХ4173, ДХ4202, Еверест, Еврідіка, Езра, Еліна, Емперор, ЕС Альбатор, ЕС Говернор, ЕС Декор, ЕС Директор, ЕС Колектор, ЕС Командор, ЕС Композитор, Етюд, Жаклін, Зевс, Златопільська, Інгуз, Каприз, Карлотта, Кіркленд, Корона, Креола, Ленка, Маджестікс, Майя, Марієм, Моцарт, Нептун, НС Аурора, НС Вулкан, НС Діяна, Нунавік, Ньюпорт, ОАЦ Баунті, ОАЦ Глейз, ОАЦ Морден, ОАЦ Прескот, ОАЦ Страйв, Одеситка, Орфей, П18А02, Паллада, Панонка. Також стійкість до посухи 8 балів мали сорти: Райдо, Регіна, РЖТ Сателія, РЖТ Свіла, РЖТ Сігма, РЖТ Сірока, Рината, Самородок, СБ 142, СБ 143, СГ Анзер, СГ Кеа, Сільвія ПЗО, Сінді, Сіпрес, Сірелія, Слобода, Смарагд, Стайн 06Х02, Стайн 07Ж22, Стайн 09І36, Стайн 11Х02, Стайн 12Н23, Стайн 13Ж23, Стайн 14Ф06, Стайн 14Х02, Стайн 15І63, Стайн 17Ж32, Стайн 20Ф26, Таурус, Терсія, Титан, Тіваз, Туріза, Фантіне, Феєрія, Фенікс, Якарі.

Таким чином, в результаті аналізу сортів сої в Державному реєстрі сортів рослин, придатних до поширення в Україні на 2024 рік, встановлено, що значна кількість сортів мають високу стійкість до посухи, а саме 48 сортів мають стійкість до посухи 9 балів, 2 сорти – 8,9 балів, 1 сорт – 8,8 балів, 3 сорти – 8,7 балів, 5 сортів – 8,6 балів, 10 сортів – 8,5 балів, 6 сортів – 8,4 бали, 11 сортів – 8,3

бали, 11 сортів – 8,2 бали, 6 сортів – 8,1 бал. Сучасні сортові ресурси дозволяють обрати адаптований до відповідних ґрунтово-кліматичних умов сорт сої, що буде високоврожайним та стійким до несприятливих факторів навколишнього середовища, зокрема, до посухи.

Список використаних джерел:

1. Кириченко В.В., Посилаєва О.О., Кобизєва Л.Н., Гонцій Т.І., Рябуха С.С. Селекція сої на стійкість до спеки та посухи. Навчальний посібник. Харків. 2016. 96 с. 2. Мазур О. В. Вихідний матеріал для селекції зернобобових культур із підвищеною адаптивністю та зерновою продуктивністю в умовах Лісостепу Правобережного. Монографія. ВНАУ. 2019. 345 с. 3. Григорчук Н.Ф., Донцова Ю.І., Якубенко О.В. Оцінка сортів сої на посухостійкість. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2017. № 24. С. 59-67. 4. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2024 рік. Київ, 2024. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reyestr-sortiv-roslin>. 5. Офіційні описи сортів рослин та показники господарської придатності. Бюлетені «Охорона прав на сорти рослин» в Інформаційно-довідковій системі «Сорт». URL: <http://sort.sops.gov.ua/about> 6. Рибальченко А.М. Особливості формування сортових ресурсів та урожайності сої в Україні. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. № 3. С. 18-25.

РОЛЬ БІОСТИМУЛЯТОРІВ У ПІДВИЩЕННІ ВРОЖАЙНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ РОСЛИН ДО АБІОТИЧНИХ СТРЕСІВ

Кожушко К.С., Ромашко Т.П. (м. Полтава)

Отримання якісного врожаю можливе лише за наявності найкращих умов. Проте протягом періоду розвитку можуть виникати непередбачувані ситуації, які погіршують їх. Наприклад, заморозки, сильний вітер, посуха, пониження середньодобових температур тощо.

Усе це веде до послаблення й зниження родючості. Аби цього уникнути, можна використовувати стимулятори росту рослин. Вони містять в собі комплекс цінних елементів, що посилюють розвиток та захищають від негативних факторів.

Як хімічний клас, біостимулятори є новою категорією продуктів, що суттєво відрізняється від добрив чи пестицидів. Їх застосування в сільському господарстві постійно зростає протягом останнього десятиліття, і дослідження активно розвиваються[4].

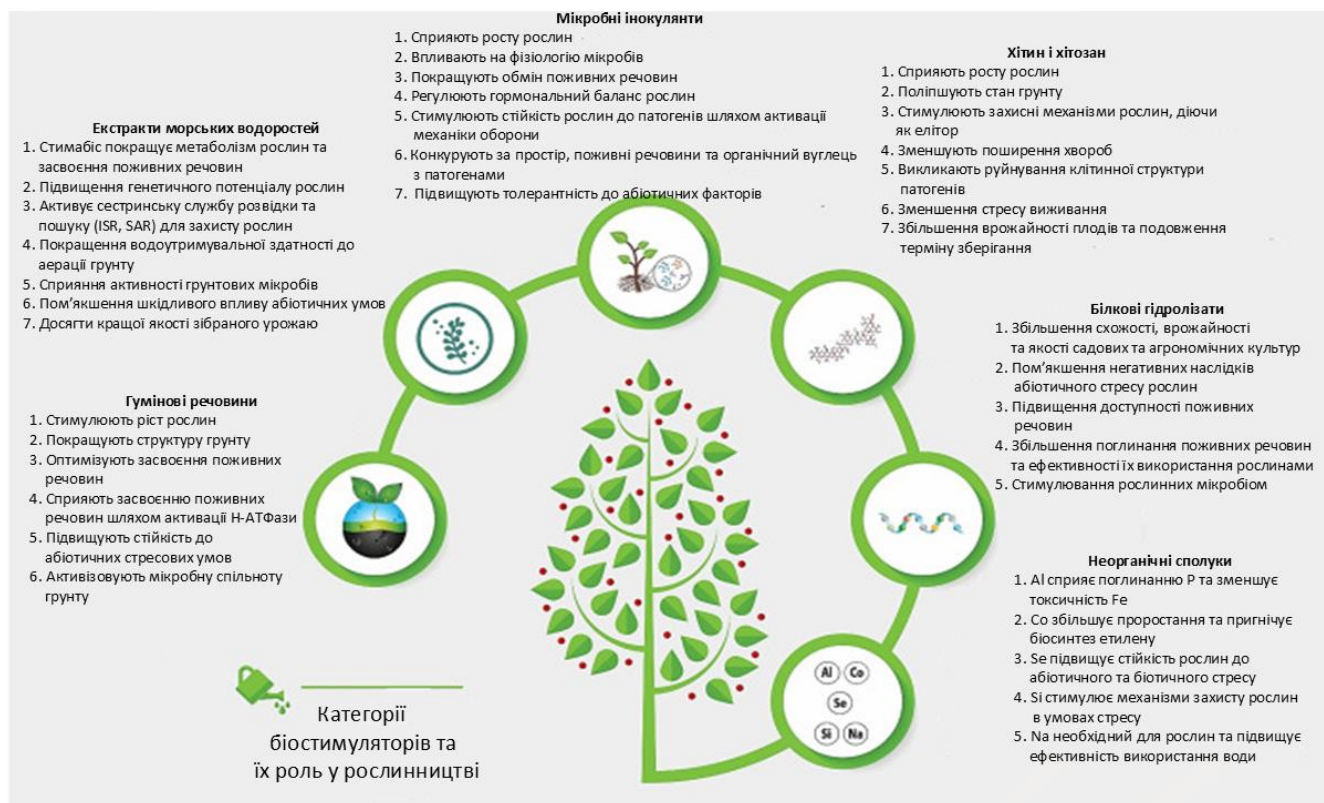


Рис 1. Категорії біостимуляторів та їх роль у рослинництві та оздоровленні ґрунту

У пошуках стійкіших та продуктивніших методів сільського господарства стимулятори рослин стали новаторськими інструментами, які можуть значно підвищити врожайність. Ці речовини, котрі включають як традиційні регулятори росту рослин (PGR), так і новіші біостимулятори, використовуються у різноманітних сучасних застосуваннях задля збільшення врожайності, підвищення стійкості рослин та підтримки методів органічного землеробства.

Одне з ключових застосувань рослинних стимуляторів – збільшення врожаю. Такі речовини, як гібереліни, цитокініни та ауксини, виконують важливу функцію у стимулюванні росту та розвитку. Гібереліни, скажімо, використовуються для збільшення розміру та якості плодів і овочів через стимуляцію подовження та ділення клітин. Цитокініни застосовуються для уповільнення старіння листя, гарантуючи, що рослини залишаються фотосинтетично активними довше, що прямо веде до збільшення врожайності.

Біостимулятори, як-от екстракти морських водоростей та гумінові кислоти, здобувають популярність завдяки здатності покращувати засвоєння та використання поживних речовин. Ці речовини прискорюють розвиток коренів, створюючи міцніші рослини, що мають ефективніший доступ до поживних речовин у ґрунті. Це приводить до збільшення біомаси та покращення врожаю, що робить біостимулятори цінним доповненням до сучасних стратегій управління рослинництвом.

Стійкість рослин до екологічного напруження, на кшталт посухи, засоленості й екстремальних температур, є критично важливою для утримання продуктивності за умов кліматичних змін. Стимулятори для рослин здатні відіграти вагомую роль у збільшенні цієї стійкості. Скажімо, абсцисову кислоту (АБК) застосовують для підвищення стійкості до посухи, регулюючи закриття продихів, що мінімізує втрати води. Інгібітори етилену використовуються для послаблення старіння, викликаного стресом, допомагаючи рослинам підтримувати розвиток в несприятливих обставинах.

Біостимулятори також суттєво докладаються до стресостійкості. Екстракти морських водоростей, багаті на природні гормони росту та антиоксиданти, допомагають рослинам чинити опір абіотичним стресам, активізуючи їх фізіологічні реакції. Ці екстракти покращують захисні механізми рослини та пришвидшують відновлення після стресу, що призводить до стабільніших врожаїв навіть за складних умов довкілля.

Біостимулятори активно застосовуються на всіх етапах розвитку рослин та мають широкий спектр впливу. Але механізм їхньої дії часто важко встановити та залишається, переважно, невідомим, за винятком деяких, не кажучи вже про складний склад біостимуляторів, отриманих з відходів або побічних продуктів. Головні причини такого результату – складність джерел біостимуляторів та різноманітність їхнього складу.

Технічні підходи через транскриптоміку, геноміку, протеоміку та метаболоміку посприяли ліпшому розумінню механізмів дії рослинних біостимуляторів. Механізми впливу біостимуляторів на розвиток рослин потрібно досліджувати з різних гістологічних точок зору. Після внесення біостимуляторів сигнали передаються через рослинні рецептори, а транскриптом реагує та регулює відповідні гени через фактори транскрипції, які сприяють або пригнічують синтез відповідних білків і виробництво метаболітів, а далі запускають клітинні механізми протистояння абіотичним стресам[5]. (рис. 2.)

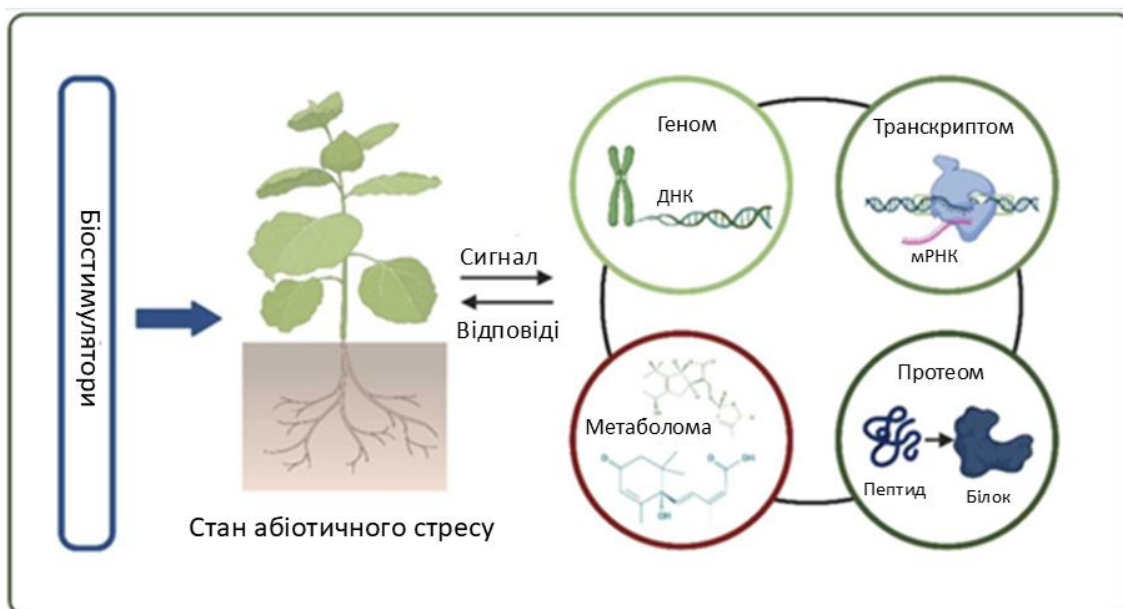


Рис. 2 . Спрощені механізми на молекулярному рівні впливу біостимуляторів на реакцію рослин на абіотичні стреси.

З огляду на фізіологію рослин, абіотичний стрес здатний змінити умови довкілля, в котрих ростуть рослини, й гальмувати їх розвиток, впливаючи на різноманітні фізіологічні процеси. Натомість, біостимулятори, що виробляються з відходів або побічних продуктів, здатні зменшити негативний вплив абіотичного стресу на рослини шляхом посилення фотосинтезу, поліпшення активності антиоксидантних ферментів, збільшення кількості неферментативних антиоксидантів, підтримки осмотичного балансу та впливу на метаболізм рослин [1, 2, 3] (рис. 3). Відтак, розуміння механізму дії біостимуляторів, вироблених з

відходів або побічних продуктів, здатне допомогти в розумінні ефективності продукту.

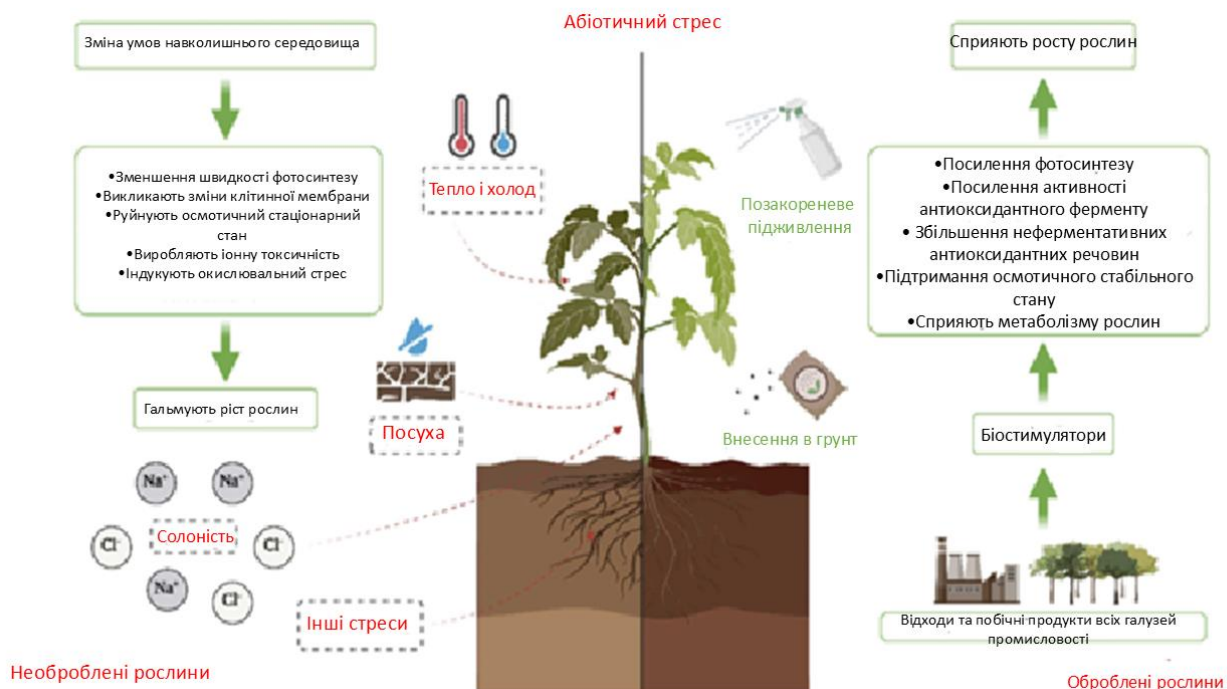


Рис. 3. Роль біостимуляторів, отриманих з відходів або побічних продуктів, у пом'якшенні абіотичних стресів.

Застосування стимуляторів росту рослин у сільському господарстві – це помітний крок вперед у сучасній сільськогосподарській практиці. Підвищуючи врожайність, покращуючи стійкість рослин та надаючи життєздатні альтернативи для органічного землеробства, рослинні стимулятори відіграють важливу роль у формуванні майбутнього сільського господарства.

Список використаних джерел:

1. Caradonia F., Battaglia V., Righi L., Pascali G., La Torre A. Plant biostimulant regulatory framework: prospects in Europe and current situation at international level. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2019. Vol. 38. P. 438-448.
2. Van Oosten M. J., Pepe O., De Pascale S., Silletti S., Maggio A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2017. Vol. 4. P. 1-12.
3. Xu L., Geelen D. Developing biostimulants from agro-food and industrial by-products. *Frontiers in plant science*. 2018. Vol. 9. 1567.
4. Koutsougera D., Zafeiriou I., Giannakopoulou F., Ipsilantis I., Kalderis D., Gasparatos D., Biliadis F. Biostimulants: an introduction. *Biostimulants in alleviation of metal toxicity in plants*. Elsevier. 2023. P. 21–50
5. Xinjun Zhang, Junhui Yin, Yan Ma, Yutao Peng, Owen Fenton, Wenhao Wang, Wenna Zhang, Qing Chen Unlocking the potential of biostimulants derived from organic waste and by-product sources: Improving plant growth and tolerance to abiotic stresses in agriculture. *Environmental Technology & Innovation*. 2024. Vol. 34. 103571

ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОЛОГІСТИКИ ВИРОБНИЦТВА ТА ПЕРЕМІЩЕННЯ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Коваль Д. О., Кулик М. І. (м. Полтава)

На сучасному етапі розвитку економіки та агро-промислового комплексу (АПК) і з урахуванням глобальних викликів спостерігається тенденція до зростання та зміни структури попиту на продукцію аграрного сектору. Така ситуація вимагає переорієнтації сільськогосподарських виробників у зв'язку з новими ринковими вимогами. При цьому, ефективність функціонування на ринку розвиненого світу вимагає підвищення конкурентоспроможності агросектору. Що базується на застосуванні сучасних знань та інновацій, тобто на синергетичному ефекті всіх факторів конкуренції. Наявний сільськогосподарський потенціал України та удосконалення агрологістики переміщення продукції, в перспективі може сприяти покращенню внутрішній та зовнішній торгівлі, скороченню державного боргу, збільшенню робочих місць та підвищенню рівня життя населення. Адже, основне завдання агрологістики – доставити замовнику у стислі строки аграрну продукцію необхідної якості в потрібній кількості з мінімальними витратами [1].

За вивчення логістичних систем для ефективного функціонування підприємств зерно-продуктового підкомплексу АПК автори визначили певні закономірності. Вони встановили, що для адаптації українських логістичних систем до рівня світових вимог необхідно проводити якісну оцінку ефективності управління логістичними ланцюгами за допомогою Індексу ефективності логістики Світового банку. Результати аналізу впливу відповідних факторів дозволили авторам розробити шляхи активації відповідних резервів управління логістичними ланцюгами в зерновому підкомплексі. Що є основою для вдосконалення методологічних підходів щодо виявлення можливостей підвищення ефективності цього процесу. Авторами запропоновано класифікація

чинників впливу на ефективність функціонування логістичних ланцюгів у зерновому підкомплексі АПК та обґрунтовано поділ факторів мікрорівня на структурно-організаційні та функціонально-економічні. Визначено, що найбільш характерними факторами макро- та мезорівня є ефективність державного регулювання. А також – ступінь залучення зернопродуктового підкомплексу АПК до міжнародних логістичних систем з урахуванням розвитку інфраструктури зернового ринку [2].

У іншій публікації, зарубіжними науковцями описані: як історичні аспекти розвитку агрологістики, так і подано типовий агрологістичний ланцюг у рамках сучасного сільського господарства. Останній включає такі етапи: первинні джерела сільськогосподарської сировини, збір та заготівля, зберігання, глибока переробка до стану товару, розподіл товарів та їх споживання. У статті також наведено сучасні тенденції агрологістики, які розглянуті з урахуванням проблем продовольчої безпеки [3].

На сьогодні, агробізнес є основним двигуном зростання української економіки. Адже Україна відома як житниця Європи, на яку припадає близько 25 % найродючіших чорноземів світу. Використання цього ресурсу дозволяє виробляти значні обсяги агропродукції основних сільськогосподарських культур. Так, на сьогодні наша країна є найбільшим у світі експортером соняшникової олії та одним з провідних експортерів зернових культур [4].

Основними сільськогосподарськими культурами в Україні є: зернові (пшениця, кукурудза, ячмінь), кормові й технічні культури (соняшник, цукровий буряк), бобові, фрукти та овочі, тютюн тощо. За даними Державної служби статистики України, середня врожайність зернових та технічних культур за останні роки зросла, що пов'язують із розширенням асортименту та удосконаленням агротехнологій їх вирощування [5].

На сьогодні, визначено напрямки розвитку сільського господарства України в умовах війни. Визначено, що ефект від окреслених напрямків

неможливий без впровадження відповідних заходів щодо розвитку логістики та ринку зерна в країні. Авторами доведено зв'язок «логістика – ринок зерна – розвиток сільського господарства», що характеризує мікро- та макроекономічні ефекти цієї взаємодії та відображає роль соціально-економічного розвитку держави в цьому процесі [6]. Адже, ефективність розвитку логістики, як комерційної, так і сільськогосподарської, є важливою складовою конкурентоспроможності держави. Оскільки міжнародна торгівля становить значну частину валового внутрішнього продукту, а Україна розташована на перетині транспортних зв'язків між Європою, Азією, та скандинавських країн, логістика надає додаткові можливості для транзиту товарів.

Основні передумови входження економіки України у сферу логістичного менеджменту мають свою специфіку. Що зумовлено як тимчасовими факторами, так і довгостроковими та постійними. До перших відносять: перехідний період української економічної системи, а до другої: розміри та географічне розташування; види, кількість, якість та доступність природних ресурсів. Не менш важливим чинником є наявність інтелектуального потенціалу та кваліфікованих трудових ресурсів; розміри, спеціалізація та розподіл по всій країні виробничих комплексів і центрів, тощо [7].

Однією з основних проблем аграрного сектору є логістика, яка повинна вирішувати питання збереження зібраної продукції, транспортування та реалізації кінцевому споживачеві. Функціонування сільськогосподарської логістики відображається на експортному потенціалі України, і водночас вона поповнює бюджет. Таким чином, автори визначили, що для удосконалення функціонування аграрної логістики необхідно підібрати оптимальну модель агрологістичної системи. При цьому усі етапи управління процесами проходить за схемою: мета → стратегія → технологія → бізнес → процеси → логістичні функції → операції [8].

Водночас, важливим є удосконалення процесу транспортування: логістика доставки продукції від полів до місць зберігання або безпосередньо до споживачів за оптимізації транспортних маршрутів і зниження витрат. При розподілі й переміщенні агропродукції на великі відстані враховують особливості торгівлі. До прикладу, оптова торгівля – поставка продукції великим покупцям (переробні підприємства, супермаркети). Або ж роздрібна торгівля: продаж кінцевим споживачам через магазини, ринки тощо. За необхідності застосовують й переробку – трансформація сировини в готові продукти.

Отже, раціональне поєднання усіх етапів аграрної логістики дозволяє забезпечити ефективність агровиробництва, мінімізувати витрати та зберегти якість продукції на всіх стадіях її переміщення.

Список використаних джерел:

1. Жигулін О.А., Махмудов І.І., Жигуліна Н.О. Логістика, управління й конкурентоспроможність в агробізнесі: Навчальний посібник.. Ніжин: НДУ ім. Гоголя, 2020. 519 с.
2. Volodymyr Kolodiichuk, Heorhiy Cherevko, Iryna Kolodiichuk, Roman Popivniak. Efficiency of logistics chain management in the grain product subcomplex of the agro-industrial complex of Ukraine. *Economic Engineering in Agriculture and Rural Development* Vol. 20, Issue 1, 2020: 287-300
3. Andrey Bondoevich Kiladze. *Agrologística en el sistema agrícola: de la historia a las perspectivas*. Revista ESPACIOS. Vol. 38 (Nº 32) Año 2017. Pág. 7.
4. Agriculture in Ukraine: overview. URL: <https://dlf.ua/en/agriculture-in-ukraine-overview/>
5. Конелець Б. О., Коваль Д. О., Кулик М. І. Удосконалення агрологістики виробництва продукції польових та енергетичних культур. *Сучасні агрономічні тренди: інновації, сталий розвиток та майбутнє сільського господарства: Колективна монографія з аграрних наук*. м. Рига, Латвійська Республіка. 2025. Видавництво: "Izdevniecība "Baltija Publishing". С. 95–129.
6. Kryshchal, H. Role of Logistics in the Development of Agriculture of Ukraine in the War Conditions. *Science and Innovation*, 2024. 19(2), 73–82.
7. Behnke, G. D., Zuber, S. M., Pittelkow, C. M., Nafziger, E. D., Villamil, M. B. Long-term crop rotation and tillage effects on soil greenhouse gas emissions and crop production in Illinois, USA. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2018. 261, 62-70.
8. Nadiia Potapova, Lyudmila Volontyr. System approach in modeling the processes of functioning of agro-logistic systems. *International Scientific Journal*, 2022. Vol. 7, Issue 1: 20-24.

ВПЛИВ ВОДНЕВОГО ПОКАЗНИКА ВОДИ НА ОКРЕМІ ЖИТТЄВО ВАЖЛИВІ ФУНКЦІЇ ОРГАНІЗМУ ГІДРОБІОНТІВ

Тітаренко О. В., Киричко О. Б. (м. Полтава)

До гідробіонтів належать прісноводні та морські організми, які постійно живуть у водному середовищі, зокрема риби, молюски, ракоподібні та інші.

Ключовими аспектами високої продуктивності гідробіонтів у аквакультурі є забезпечення гарного стану їхнього здоров'я, оскільки це безпосередньо впливає на економічну ефективність виробництва. Стан здоров'я гідробіонтів обумовлений багатьма природними і антропогенними факторами, зокрема умовами водного середовища (температурою води, її хімічним складом, рН, наявністю шкідливих мікроорганізмів), якістю кормів та повноцінністю годівлі. Водневий показник (рН) — величина, що відображає концентрацію іонів водню (H^+) в розчині, або ступінь його кислотності чи лужності. Оптимальним рН для росту та здоров'я більшості прісноводних гідробіонтів є в межах 6,5-9,0. Кислотні та лужні точки загибелі для цих тварин є приблизно рН 4 і рН 11 відповідно [1].

Еволюція морських гідробіонтів, зокрема риб, відбувалась в умовах високої буферності середовища морської води, яке не піддається значним коливанням рН. Тому, більшість морських тварин, як правило, не витримують такий широкий спектр рН навколишнього середовища, як у прісноводних, і оптимальний рівень рН для них зазвичай знаходиться у межах від 7,5 до 8,5 [1]. Риби та ракоподібні, що живуть у солонуватій воді, часто піддаються впливу широкого діапазону значень рН через коливання відносної кількості прісної та морської води у водоймі зі змінами стоку річки та приливного стоку. Мешканці таких солонуватих водойм добре витримують екстремальні значення рН [1]. Кислотні та лужні точки загибелі для більшості креветок становлять приблизно рН 4,8 і 10,6, а оптимальний діапазон рН - 5,5-8,5 [2].

Для тигрових креветок (*Penaeus monodon*) мінімальний летальний рівень рН за солоності води 32 ppt становить приблизно 3,7, а мінімальний «прийнятний» рівень рН становить 5,9 [3].

Ще один мешканець солонуватої води — камбала *Paralichthys orbignyanus* є толерантною до значення рН до 5,2, а 96-годинна LC50 становить рН 4,4 [4]. Основною мішенню організму риб для підвищеного вмісту іонів водню у

водному середовищі є зябра через делікатність їхньої будови та тісний контакт із зовнішнім середовищем [1]. Для прісноводної риби існує сім основних впливів низького рівня рН на структуру або функції зябер. Ці впливи перераховують згідно порядку їх виникнення, коли рН знижується від мінімального «безпечного» рівня рН приблизно 6 до рівня гострої токсичності, коли рН біля 4:

- 1) пригнічення механізмів поглинання натрію та хлоридів;
- 2) підвищення іонної проникності та дифузійного витоку іонів;
- 3) збільшення надходження іонів водню через зябра;
- 4) підвищення утворення слизу;
- 5) коагуляція та преципітація слизу;
- 6) гальмування газообміну через зябра;
- 7) пошкодження епітеліальних шарів зябер [5].

Загалом, збереження внутрішнього іонного балансу є основною проблемою, з якою стикаються тварини, що живуть у середовищах з низьким рН [1]. Підвищене утворення слизу та пошкодження структури зябер при низькому рН також погіршують ефективність дихання. Дихання ще більше порушується ацидозом крові, що знижує спорідненість до кисню пігментів крові, що зв'язують кисень (таких як гемоглобін) [1]. За умов легкого кислотного стресу тварини повинні витрачати додаткову обмінну енергію для підтримки функції зябер (активного транспорту іонів, утворення слизу, заміни клітин зябрового епітелію тощо) за рахунок інших процесів, таких як ріст та імунна функція [1]. Через сильний кислотний стрес гідробіонти не здатні підтримувати гомеостаз і гинуть [1].

Отже, збереження внутрішнього іонного балансу є основною проблемою, з якою стикаються гідробіонти, що живуть у водних середовищах з низьким рН; вплив екстремальних значень рН на гідробіонтів може бути стресовим або

смертельним, але непрямий вплив значень рН і взаємодії рН з іншими змінами в аквакультурі зазвичай має більше значення, ніж прямі токсичні впливи.

Список використаних джерел:

1. Boyd C. E., Tucker C. S. Pond Aquaculture Water Quality Management. 1998. 711 p.
2. Tsai C. K. Water quality management. Proceedings Southeast Asia Shrimp Farm Management Workshop, Akiyama, D. M. ed. St. Louis, MO: American Soybean Association, Singapore Office. 1990.
3. Allan G. L., Maguire G. B.. Effects of pH and salinity on survival, growth, and osmoregulation in *Penaeus monodon* Fabricus. Aquaculture. 1992. 107(1). P. 33-47.
4. Wasielesky W., Bianchini A., Santos M.H.S., Poersch L. H. Tolerance of juvenile flatfish *Orbignyanus paralichthys* to acid stress. Journal of the World Aquaculture Society. 1997. 28. P. 202-204.
5. McDonald D. G. The effects of H⁺ upon the gills of freshwater fish. Canadian Journal of Zoology. 1983. 61. P. 691-703.

АГРОХІМІЧНІ АСПЕКТИ ВЗАЄМОДІЇ ІНГІБІТОРІВ НІТРИФІКАЦІЇ З АЗОТНИМИ ДОБРИВАМИ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

Короткова І.В., Тристан Д.В. (м. Полтава)

У сучасному агровиробництві, спрямованому на інтенсифікацію вирощування високопродуктивних культур, особливу увагу приділяють раціональному використанню азотних добрив. Кукурудза (*Zea mays*), як одна з найважливіших зернових і кормових культур, характеризується високими потребами в азотному живленні, особливо на ранніх етапах органогенезу. Проте неефективне засвоєння азоту з добрив через мінералізацію, нітрифікацію та подальші втрати у вигляді нітратного вилуговування або газоподібних форм спричиняє як економічні, так і екологічні втрати. У зв'язку з цим, застосування інгібіторів нітрифікації (ІН) розглядається як перспективний агрохімічний підхід для підвищення ефективності азотного живлення.

Інгібітори нітрифікації – це сполуки, що пригнічують активність ґрунтових нітрифікуючих бактерій, зокрема *Nitrosomonas* і *Nitrobacter*, які відповідають за перетворення амонійної форми азоту (NH_4^+) на нітритну (NO_2^-) і далі – на нітратну (NO_3^-) [1]. Завдяки гальмуванню цієї мікробіологічної трансформації, амонійна форма азоту довше зберігається у ґрунті, що забезпечує

стабільніше живлення рослин і знижує ризики втрат азоту внаслідок вилуговування або денітрифікації. Крім того, амоній має властивість фіксуватися на колоїдній фазі ґрунту, що перешкоджає його переміщенню за межі кореневмісного шару.

На фоні застосування інгібіторів нітрифікації в агротехнології вирощування кукурудзи відзначаються позитивні зміни у динаміці забезпечення рослин доступним азотом. У результаті пролонгованого утримання азоту у відносно стабільній амонійній формі кукурудза поглинає поживні елементи впродовж тривалішого періоду вегетації, що сприяє оптимізації процесів фотосинтезу, формуванню потужного листкового апарату та підвищенню коефіцієнта використання добрив. Дослідження свідчать, що застосування таких препаратів як ДЦПУ (діціандіамід), 3,4-ДМУ (3,4-диметилпіразол фосфат) або тіосечовина дозволяє на 20–30% зменшити втрати азоту та підвищити врожайність кукурудзи порівняно з традиційними схемами удобрення [2]. Водночас зменшується небезпека накопичення залишкового нітратного азоту у ґрунтовому профілі, що знижує ризик забруднення підземних вод.

З агрохімічної точки зору, взаємодія інгібіторів нітрифікації з азотними добривами потребує врахування ряду факторів – зокрема типу ґрунту, його буферної здатності, рівня вологості, температурного режиму та біологічної активності. Оптимальні умови для ефективної дії ІН – це помірна вологість, температура ґрунту в межах 10–20 °С та нейтральна або слабо кисла реакція середовища[3]. У таких умовах пригнічення активності нітрифікуючих мікроорганізмів є найбільш вираженим, що забезпечує максимальний ефект від використання ІН. При цьому вибір форми азотного добрива також має значення: найбільшу ефективність інгібітори демонструють у поєднанні з амонійними або амонійно-нітратними формами, як-от сечовина чи КАС.

У загальному контексті застосування інгібіторів нітрифікації сприяє не лише зростанню продуктивності кукурудзи, а й поліпшенню агроєкологічного

стану агроєкосистем [3]. Завдяки зниженню навантаження на довкілля та підвищенню ефективності використання азоту зростає екологічна безпека агровиробництва. У цьому зв'язку доцільним є подальше удосконалення системи удобрення кукурудзи шляхом розробки адаптованих регіональних схем внесення ІН з урахуванням специфіки ґрунтово-кліматичних умов і рівня інтенсифікації господарювання.

Список використаних джерел:

1. Власенко А. М., Пилипенко В. І. Інгібітори нітрифікації у системі удобрення кукурудзи на зерно. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. № 91. С. 25–31.
2. Subbarao G. V., Rondon M., Ito O., Ishikawa T., Rao I. M., Nakahara K., et al. Nitrification inhibition strategy: A promising approach to improve nitrogen use efficiency and mitigate nitrous oxide emissions in agriculture. *Plant and Soil*. 2015. Vol. 391, No. 1–2. P. 1–20.
3. Панасюк О. П., Рибалко А. І. Екологічна оцінка впливу стабілізованих азотних добрив на родючість ґрунтів. *Ґрунтознавство*. 2021. Т. 22, № 1. С. 35–42.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Bojarszczuk Jolanta – dr, Department of Forage Crop Production, Institute of Soil Science and Plant Cultivation - State Research Institute, Puławy, Poland

Deb Jaisi - Associate Professor of Environmental Biogeochemistry, Department of Plant and Soil Sciences, University of Delaware, Newark, USA

Dmytro Fedoseyenko - reserch assosiate (Chemistry) Texas A&M University: College Station, Texas, US

Ivana Miletto - Department of Pharmaceutical Sciences, Università del Piemonte Orientale, Novara, Italy

Irgibaeva Irina Smailovna - Doctor of science in chemistry, Professor of Chemistry Department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev street, 2, 010000, NurSultan, Kazakhstan

Gruszczyńska Joanna - dr hab. /associate profesor, Profesor WULS Department of Animal Genetics and Conservation, Institut of Animal Sciences, Warsaw University of Life Sciences, Ciszewskiego 8, 02-786 Warsaw, Poland

Jacek E Nycz - Dr Sci, Professor, Professor Institute of Chemistry University of Silesia in Katowice, Poland

Olejnychenko Elizabeth – Scientist of the University of the West of England (UWE) Bristol. UK

Paul Geo – Dr., Department of Science and Technological Innovation, Universita ` del Piemonte Orientale, Viale T. Michel 11, 15121 Alessandria, Italy

Sabir Agabagir oglu Baghirov - Associate Professor at Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan

Slawinska Anna - Dr hab., professor Nicolaus Copernicus University, Torun, Poland

Vishav Sharma - Graduate Research Assistant (Chemistry) Texas A&M University: College Station, Texas, US

Анищенко Олександр Миколайович – здобувач вищої освіти Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, м. Чернігів

Бараболя Ольга Валеріївна - кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +30806054086, Olga.barabolia@ukr.net

Барашков Микола Миколайович – доктор хімічних наук, професор, директор з наукової роботи корпорації MICRO TRACERS Inc. Сан-Франциско (США), 1370 Van Dyke Avenue, San Francisco, California 94124 USA

Барієв Олег Олегович – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Берест Володимир Петрович - доктор фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри молекулярної і медичної біофізики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, м. Харків, +380679464815, berest@karazin.ua

Білінська Олена Володимирівна - кандидатка біологічних наук, старша наукова співробітниця, провідна наукова співробітниця лабораторії імунітету, біотехнології та якості Інституту рослинництва імені В. Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України, м. Харків, +380685660320, bilinska@ukr.net

Білявська Людмила Григорівна - доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380509481757, bilyavska@ukr.net

Білявський Юрій Вікторович – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, фахівець 2 категорії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380502173588, Belyavskiyuv@ukr.net

Бітюцький Володимир Семенович – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології та біотехнології Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380963747151, voseb@ukr.net

Бойцун Варвара Тарасівна – здобувач вищої освіти Державного університету «Київський авіаційний інститут», м. Київ, 8491114@stud.nau.edu.ua

Большаніна Світлана Борисівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної та прикладної хімії Сумського державного університету, м. Суми, +380972846162, s.bolshanina@chem.sumdu.edu.ua

Броун Ігор Володимирович – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква

Бундюк Діана Олександрівна – здобувач вищої освіти Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків

Бунякіна Наталія Володимирівна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та фізики Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, n.bunyakina@gmail.com

Ващенко Ольга Валеріївна – доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту сцинтиляційних матеріалів НТК «Інститут монокристалів» НАН України, м. Харків, +380573410358, olga_v@isma.kharkov.ua

Верховод Вікторія Миколаївна – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Національного фармацевтичного університету, м. Харків, +380951945164, viktoriaverkhovod264@gmail.com

Войницька Ірина Геннадіївна – здобувач вищої освіти СВО Магістр Одеського національного технологічного університету, м. Одеса

Галушко Ірина Андріївна – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Гаркович Олексій Леонтійович – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри екології, води та природоохоронних технологій Одеського національного технологічного університету, м. Одеса, +380959215220, garkovith@outlook.com

Глущенко Леонід Данилович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник лабораторії кормовиробництва та інтегрованого захисту рослин Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М. І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН України, м. Полтава, +380669607390, l.d.glushchenko@gmail.com

Горбань Олександр Сергійович - здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Горновська Світлана Володимирівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин

Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380964358225, gornovskayasvetlana@ukr.net

Грабовський Микола Борисович – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380963160785, nikgr1977@gmail.com

Гудзенко Олена Володимирівна – кандидат біологічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, +380673904860, alena.gudzenko81@gmail.com

Даценко Віта Василівна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, +380978809295, dacenkovita14@gmail.com

Двінських Наталія Власівна – кандидат фармацевтичних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри біотехнології Національного фармацевтичного університету, м. Харків, +380667271373, begunova1203@gmail.com

Дева Лілія Ростиславівна – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів

Дігтяр Сергій Вікторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та біотехнологій Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, доцент кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380936343556, sergiusvictor@gmail.com

Дрожжана Ольга Урешівна - старший викладач кафедри механічної та електричної інженерії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380661413901, olga_bgd@ukr.net

Дрючко Олександр Григорович – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, +380957730295, dog.chemistry@gmail.com

Єгорова Лілія Михайлівна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, +380504027895, lilyaegorova@ukr.net

Єрмоленко Ірина Юріївна – доктор технічних наук, старший дослідник, доцент кафедри фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, +380503020534, kirileshta72@gmail.com

Жабковська Олена Артурівна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького, м. Черкаси, +380671314741, lutlen@ukr.net

Желєзнікова Марина Олександрівна – кандидат медичних наук, доцент кафедри урології, нефрології та андрології імені професора А.Г. Подреза Харківського національного медичного університету, м. Харків, +380667955908, zheleznikovam7@gmail.com

Заїка Світлана Олександрівна – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Інституту фізики НАН України, м. Київ, +380689217026, zaikasvetlana@gmail.com

Захарченко Руслан Володимирович - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, +380509047615, ruslan.zahar4enko@gmail

Звенігородська Таміла Владиславівна – кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри хірургії та акушерства Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Івченко Вікторія Дмитрівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біотехнології та хімії Сумського національного аграрного університету, м. Суми, +380977722364, ivchenkovd@gmail.com

Івченко Максим Максимович – здобувач вищої освіти СВО Магістр Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка, м. Полтава, maxym9290@gmail.com

Ільченко Марія Олександрівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, доцент кафедри біології продуктивності тварин імені академіка О.В. Квасницького Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380506315824, mariia.ilchenko@pdau.edu.ua

Іншина Наталія Миколаївна – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біофізики, біохімії, фармакології та біомолекулярної інженерії Сумського державного університету, м. Суми, +380661417025, n.inshina@med.sumdu.edu.ua

Ісаков Ростислав Рустамович - здобувач вищої освіти СВО Магістр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Калюжная Ольга Сергіївна – кандидат фармацевтичних наук, доцент, доцент кафедри біотехнології Національного фармацевтичного університету, м. Харків, +380667271373, begunova1203@gmail.com

Канюка Олена Юріївна - завідувачка сектору біологічних досліджень та обліку Полтавського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України, м. Полтава, +380665603145, olekanyuka@gmail.com

Каракуркчі Ганна Володимирівна – доктор технічних наук, старший дослідник, начальник наукового центру Національного університету оборони України, м. Київ, +380634173544, anyutikukr@gmail.com

Карауш-Кармазін Наталія Миколаївна – кандидат хімічних наук, науковий співробітник науково-дослідної частини Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, karaush22@ukr.net

Карашук Геннадій Васильович - кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри технологій виробництва та переробки сільськогосподарської продукції імені академіка В. Г. Пелиха Херсонського державного аграрно-економічного університету, +380505751701, karaschuk_gv@ukr.net

Караюмер Анастасія Юріївна – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії, асистент кафедри хімії і хімічної технології Державного університету «Київський авіаційний інститут», м. Київ, +380507596374, Shipilova091198@gmail.com

Киричко Олена Борисівна - кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри анатомії та фізіології тварин Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380677453548, olena.kyrychko@pdau.edu.ua

Китайгора Катерина Олегівна – здобувач вищої освіти СВО Магістр Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава

Ковалевська Інна В'ячеславівна – доктор фармацевтичних наук, професор, професор кафедри промислової технології ліків та косметичних засобів Національного фармацевтичного університету, м. Харків, +380669940711, i.kovalevska@nuph.edu.ua

Коваль Дмитро Олександрович – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Кожушко Катерина Сергіївна – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Козак Леонід Андрійович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380976491950, kla59@ukr.net

Комишенко Дмитро Віталійович – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Кондратенко Сергій Іванович – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу селекції і насінництва Інститут овочівництва і баштанництва НААН України, сел. Селекційне Харківської обл., +380686039277, shtirlitsmail@gmail.com

Корінний Сергій Миколайович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, serhii.korinnyi@pdau.edu.ua

Корогодська Алла Миколаївна - доктор технічних наук, старший дослідник, завідувач кафедри загальної та неорганічної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, +380662296068, alla-korogodskaya@ukr.net

Короткова Ірина Валентинівна – кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380507023858, 2irinakorotkova10@gmail.com

Кривобок Руслан Вікторович - кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач науково-дослідної частини Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, +380996201578, krivobok491@gmail.com

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

Крикунова Валентина Юхимівна – кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380668989576, valentyana.krykunova@pdau.edu.ua

Крусір Галина Всеволодівна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій Одеського національного технологічного університету, м. Одеса, +380979099177, krussir.65@gmail.com

Куленко Олена Анатоліївна – старший викладач кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка, м. Полтава, chemikulenko@gmail.com

Кулик Максим Іванович – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380953240848, kulykmaksym@ukr.net

Купріяшкін Серафім Андрійович – учень Чорноморського ліцею №3, м. Одеса

Купріяшкіна Олена Володимирівна – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Одеського національного технологічного університету, м. Одеса, +380939923032, lenakupe@ukr.net

Лабунський Ігор Вікторович – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380967684889, labon21091997@gmail.com

Ласло Оксана Олександрівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380992814872

Лень Олександр Іванович – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділом наукових досліджень з питань землеробства та кормовиробництва, селекції та насінництва Полтавська державна сільськогосподарська дослідна

станція ім. М. І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН України, м. Полтава, +380501788821, 1979sahalen@gmail.com

Леонова Наталія Осипівна – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, +380971856496, natikleo@online.ua

Лисенко Лідія Сергіївна – кандидат медичних наук, асистент кафедри анестезіології, інтенсивної терапії та дитячої анестезіології Харківського національного медичного університету, м. Харків, +380990378744, lusenko_ll@ukr.net

Ліннік Захар Петрович - доктор філософії, науковий співробітник лабораторії генетики, генетичних ресурсів та біотехнології Інституту овочівництва і баштанництва НААН України, сел. Селекційне Харківської області, +380672964381, linnik.zp@gmail.com

Лобурець Анатолій Тимофійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри хімії і фізики Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, +380684285863, anatollob@gmail.com

Луценко Микола Олександрович – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Лядов Даніїл Артемович – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, м. Харків

Максим'юк Василь Михайлович – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України, с. Оброшине Львівської обл.

Максимюк Ганна Василівна - доктор біологічних наук, професор кафедри клінічної лабораторної діагностики ФПДО Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького, м. Львів, hanna.maksymjuk@gmail.com

Маменко Олексій Михайлович - доктор сільськогосподарських наук, професор, головний науковий співробітник лабораторії годівлі, фізіології живлення сільськогосподарських тварин та кормовиробництва Інституту тваринництва НААН України, м. Харків, +380672599198, z-t_e-y2015@meta.ua

Манушкіна Тетяна Миколаївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри землеробства, геодезії та землеустрою Миколаївського національного аграрного університету, м. Миколаїв, +380955039503, latushkina2004@gmail.com

Маренич Микола Миколайович – доктор сільськогосподарських наук, професор, директор навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології, професор кафедри селекції, насінництва та генетики Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Марініч Любов Григорівна - кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, liubov.marinich@pdau.edu.ua

Мартиненко Віра Андріївна - учениця 9-Л класу Наукового ліцею №3 Полтавської міської ради, м. Полтава

Мартинюк Галина Валентинівна – доктор хімічних наук, доцент, професор кафедри природничих наук Рівненського державного гуманітарного університету, м. Рівне, +380961875495, galmart@ukr.net

Мартинюк Ірина Валентинівна - вчитель вищої кваліфікаційної категорії, вчитель-методист Рівненського ліцею «Лідер» Рівненської міської ради, м. Рівне, +380934225738, martunyk_iruna@ukr.net

Марченко Богдан Олександрович – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Метлицька Олена Іванівна – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, головний судовий експерт сектору біологічних досліджень та обліку Полтавського науково-дослідного експертно-криміналістичного центру МВС України, м. Полтава, +380687109564, metlitskaya.elena110@gmail.com

Микитенко Анжеліка Олександрівна – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Мінаєв Борис Пилипович – доктор хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького, м. Черкаси, +380970299860, bfmin43@ukr.net

Мінаєва Валентина Олександрівна - кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького, м. Черкаси, +380683242752, minaeva@cdu.edu.ua

Міщенко Вікторія Анатоліївна – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри інфекційних хвороб, дитячих інфекційних хвороб, паразитології, фтизіатрії та пульмонології Харківського національного медичного університету, м. Харків, +380675778810, vitaigla62@gmail.com

Мостипан Олена Валеріївна – доктор філософії, доцент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380960982789, mostipan1996@gmail.com

Німенко Сергій Сергійович – доктор філософії, асистент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380978667425, nimenko75@gmail.com

Онищенко Андрій Олексійович - кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, в.о. заступника директора з наукової роботи Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН України, м. Полтава, +380678316797, geroi76@ukr.net

Опара Надія Миколаївна - кандидат сільськогосподарських наук, доцент, професор кафедри механічної та електричної інженерії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380503041480, nadiia.opara@pdau.edu.ua

П'ятецька Дар'я Володимирівна – доктор філософії Національного університету харчових технологій, м. Київ, +380991285598, dashka2310@gmail.com

Павліченко Костянтин Васильович – доктор філософії, асистент кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380637793137, pavlichienko.76@ukr.net

Паламаренко Ольга Вікторівна – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри лісівництва Національного лісотехнічного університету України, м. Львів, +380997795828, olgapal1982@gmail.com

Панченко Валентина Григорівна - кандидат хімічних наук, доцент, доцент закладу вищої освіти Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, м. Харків, +380501626187, valentina.panchenko@karazin.ua

Панченко Олександр Олександрович – здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії, лаборант кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького, м. Черкаси, +380501831199, panchenko9b@gmail.com

Панченко Тарас Валентинович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри технологій у рослинництві та захисту рослин Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380667866478, panchenko.taras@gmail.com

Пирог Тетяна Павлівна – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри біотехнології і мікробіології Національного університету харчових технологій, провідний науковий співробітник відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, +380672595397, tapirog@nuft.edu.ua

Погребняк Олег Степанович – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького, м. Черкаси, +380674446961, pogrebniak-oleg@ukr.net

Позняк Олександр Васильович - молодший науковий співробітник Дослідної станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН України, с. Крути Чернігівської обл., +380674391175, konf-dsmayak@ukr.net

Портянник Сергій Васильович - кандидат сільськогосподарських наук, доцент, старший науковий співробітник лабораторії екологічної безпеки в тваринництві Інститут свинарства і агропромислового виробництва НААН України, м. Полтава, +380662001754, Portynnyk@i.ua

Прохоренко Василь Леонтійович - кандидат медичних наук, асистент кафедри внутрішніх та професійних хвороб Харківського національного медичного університету, м. Харків, +380937791370, ttzyonh.3m21@knmu.edu.ua

Пушкар Михайло Борисович – кандидат медичних наук, доцент кафедри анестезіології, інтенсивної терапії та дитячої анестезіології Харківського національного медичного університету, м. Харків, +380977788070, mi hail.pushkar@gmail.com

Пятишкіна Поліна Дмитрівна – здобувач вищої освіти Сумського державного університету, м. Суми

Разінькова Еліна Едуардівна – здобувач вищої освіти Сумського національного аграрного університету, м. Суми

Рибалко Валентин Павлович - доктор сільськогосподарських наук, професор, головний науковий співробітник лабораторії розведення та селекції свиней Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН України, м. Полтава, +380992575145, ribalkov342@gmail.com

Рибальченко Анна Михайлівна - кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380669076804, anna.rybalchenko@pdau.edu.ua

Ромашко Денис Леонідович – здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Ромашко Таміла Петрівна – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380662358227, tamila_romashko@ukr.net

Саснко Олег Васильович - кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри загальної фізики і математики Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка, м. Полтава, +380501372204, saenkooleg1966@gmail.com

Саустян Яна Сергіївна – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Національного фармацевтичного університету, м. Харків

Сахненко Микола Дмитрович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, +380502898997, sakhnenko@kpi.kharkov.ua

Сахно Тамара Вікторівна – доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380993051665, sakhno2003@ukr.net

Сахно Юрій - Interdisciplinary Science and Engineering Laboratory, University of Delaware, Newark, DE 19716, USA

Семенов Анатолій Олексійович – кандидат фізико-математичних наук, професор кафедри механічної та електричної інженерії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380509884435, asemen2015@gmail.com

Семенова Наталія Володимирівна - начальник відділу маркетингу ПП «Полтавський ливарно-механічний завод», м. Полтава, +380661459099, nvsemenova78@gmail.com

Скрипник Вячеслав Олександрович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри механічної та електричної інженерії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380679109404, viacheslav.skrypnyk@pdaу.edu.ua

Смотрицький Олександр Андрійович – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

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

Стадницька Ольга Ігорівна – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України, с. Оброшине Львівської обл., +380677471836, stadnytskaolha@ukr.net

Стахіра Павло Йосипович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри електронної техніки Інституту телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки НУ «Львівська політехніка», м. Львів, +380502006563, +380932454472, pavlo.y.stakhira@lpnu.ua

Стрижак Діана Олександрівна – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка, м. Полтава, dianastr2014@gmail.com

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

Сухина Марина Сергіївна – здобувач вищої освіти Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, suhyna.maryna@vu.cdu.edu.ua

Тимошок Наталія Олександрівна – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу проблем інтерферону і імуномодуляторів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, +380634546385, n_timoshok@ukr.net

Тітаренко Олена Вікторівна - кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри інфекційної патології, гігієни, санітарії та біобезпеки, Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380669065481, olena.titarenko@pdau.edu.ua

Ткачук Наталія Василівна – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, м. Чернігів, +380661730260, nataliia.smykun@gmail.com

Тоцький Віктор Михайлович – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач лабораторії кормовиробництва та інтегрованого захисту рослин Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М. І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН України, м. Полтава, +380663551725, totskiyviktor@ukr.net

Тристан Дар'я Володимирівна – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Угрин Ольга Павлівна – вчитель біології Чорноморського ліцею №3, м. Одеса, +380635687940, olga.ugrin.75@gmail.com

Філіпцова Ольга Володимирівна – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри біотехнології Національного фармацевтичного університету, м. Харків, +380984099100, philiptsova@yahoo.com

Халак Віктор Іванович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії тваринництва Державної установи Інститут зернових культур НААН, м. Дніпро, +380678924404, v16kh91@gmail.com

Хоботова Еліна Борисівна – доктор хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, +380958804419, elinahobotova@gmail.com

Хомут Володимир Петрович – директор ФГ «Агролайф» Миколаївського район Миколаївської області, +38006336660402, vkhom7@gmail.com

Хохленкова Наталя Вікторівна – доктор фармацевтичних наук, професор, завідувачка кафедри біотехнології Національного фармацевтичного університету, м. Харків, +380667271373, begunova1203@gmail.com

Цехмістренко Світлана Іванівна – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри хімії Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380680344848, Svetlana.tsehmistrenko@gmail.com

Цикало Андрій Юрійович – здобувач вищої освіти СВО Бакалавр Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Чайка Тетяна Олександрівна – кандидат економічних наук, завідувач відділу еколого-економічного розвитку сільських територій Полтавського відділення Академії наук технологічної кібернетики України, м. Полтава, 380994332344, chayka_ta@ukr.net

Чечуй Олена Федорівна – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри агрохімії Державного біотехнологічного університету, м. Харків, +380678848436, chechuichechui@gmail.com

Чуприна Валерія Олександрівна – здобувач вищої освіти Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків

Шабанова Галина Миколаївна - доктор технічних наук, професор, професор кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, +380509065380, gala-shsbanova@ukr.net

Шакалій Світлана Миколаївна - кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380953963328, shakaliysveta@gmail.com

Шаферівський Богдан Сергійович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри біології продуктивності тварин імені академіка О.В.

Квасницького Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380509460837, bshaferivsky@ukr.net

Шафорост Юлія Анатоліївна – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького, м. Черкаси, +380672552405, zdoryulia@ukr.net

Шевченко Ірина Семенівна - доктор філологічних наук, професор, академік АН ВШ України, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, м. Харків, iryna.shevchenko@karazin.ua

Шевченко Олександр Петрович – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та наноматеріалознавства Черкаського національного університету імені Б. Хмельницького, м. Черкаси

Шевченко Світлана Віталіївна - вчитель вищої кваліфікаційної категорії, вчитель-методист, вчитель хімії Наукового ліцею №3 Полтавської міської ради, м. Полтава, +380501378191, s.v.shev0@gmail.com

Шевчук Тетяна Андріївна - провідний інженер відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, +380668626261, T.shevchuk2604@ukr.net

Шинкаренко Валентин Іванович – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка, м. Полтава, +380663402607, valentin.shynkarenko@gmail.com

Шиян Надія Іванівна - доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка, м. Полтава, +380503047249, chemisnada@gmail.com

ЗМІСТ

Привітання директора навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології

Маренича Миколи Миколайовича..... 5

СЕКЦІЯ I

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

SPECTROSCOPIC AND QUANTUM CHEMICAL CHARACTERIZATION OF SELECTED METHYL QUINOLINYLPHOSPHONIC AND QUINOLINYLPHOSPHINIC ACIDS

Karaush-Karmazin N. M., Minaev B. P., Minaeva V. O., Nycz J. E. 7

HYDROXY-CONTAINING AMIDINE DERIVATIVES FOR CO₂ CAPTURE

Irina Irgibaeva..... 10

LED LIGHTING: FLICKER, STROBOSCOPIC EFFECT, AND QUALITY IMPROVEMENT THROUGH ECODESIGN POLICY

Sabir Agabagir oglu Baghirov.....12

MODULATION OF APATITE SOLUBILITY THROUGH PROTON SUBSTITUTION IN THE CRYSTAL LATTICE

Ivana Miletto 15

CARBONATE-SUBSTITUTED HYDROXYAPATITE: STRUCTURAL MODIFICATIONS VIA TEMPERATURE CONTROL AND NA⁺/K⁺ INCORPORATION

Jaisi Deb P. 16

THE ROLE OF MIXING AND HOMOGENEITY IN MODERN BIOTECHNOLOGICAL PROCESSES

Sakhno T., Semenov A., Panchenko V., Barashkov N., Sakhno Y.18

THE NEW ASPECTS OF THE HYDROXYAPATITE NANOPARTICLES APPLICATION AS A SLOW-RELEASE PHOSPHORUS FERTILIZER

Paul Geo..... 20

GENETIC TOOLS FOR ASSESSING ADAPTABILITY IN PIGS BASED ON MICROSATELLITE MARKER ANALYSIS

Olejnychenko Elizabeth, Korinnyi S.M21

PHOSPHOMETHYLPYRIMIDINE SYNTHASE (THIC): TRAPPING OF FIVE INTERMEDIATES PROVIDES MECHANISTIC INSIGHTS ON A COMPLEX RADICAL CASCADE REACTION IN THIAMIN BIOSYNTHESIS

Vishav Sharma, Dmytro Fedoseyenko 25

MICROBIOTA MODIFIERS IN QUAILS

Tamila Zvenihorodska, Anna Slawinska 28

TEMPERATURE AND VISCOSITY EFFECTS ON FLUORESCENCE: IMPLICATIONS FOR AGGREGATION-INDUCED EMISSION

<i>Korotkova I.V.</i>	32
КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОНІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ FTIR СПЕКТРІВ	
<i>Мінаєва В.О., Мінаєв Б.П., Стахіра П.Й., Дева Л.Р., Панченко О.О.</i>	34
ВПЛИВ СПІН-ОРБІТАЛЬНОЇ ВЗАЄМОДІЇ НА ГАСІННЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ АМІНОКИСЛОТ	
<i>Мінаєв Б. П., Сухина М. С.</i>	41
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ СИНТЕЗУ КОМПЛЕКСУ ФІТОГОРМОНІВ І ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН З ВИСОКОЮ АНТИМІКРОБНОЮ АКТИВНІСТЮ ЩОДО ФІТОПАТОГЕННИХ БАКТЕРІЙ	
<i>Пирог Т.П., П'ятецька Д.В., Леонова Н.О., Шевчук Т.А.</i>	45
ВПЛИВ ЗАРЯДУ ПОВЕРХНІ КЛІТИН НА ВЗАЄМОДІЮ З АНТИМІКРОБНИМИ ПЕПТИДАМИ	
<i>Берест В.П., Лядов Д.А.</i>	50
СОРБЦІЯ ІОНІВ МЕТАЛІВ ВУГЛЕЦЕВИМИ СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ	
<i>Хоботова Е.Б., Бундюк Д.О.</i>	54
ДНК-ТЕХНОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛІМОРФІЗМУ X-ХРОМОСОМИ ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗНИКЛИХ ОСІБ	
<i>Метлицька О.І., Канюка О.Ю.</i>	59
ЗВ'ЯЗОК ЗАПАЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ СТАТЕВИХ ОРГАНІВ ІЗ ЗАПЛІДНЕНІСТЮ КОРІВ ПІСЛЯ ЇХ ПЕРШОГО ОСІМЕНІННЯ	
<i>Стадницька О. І., Максим'юк В. М., Максимюк Г. В.</i>	62
ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ЯКОСТІ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОЗЧИНІВ КЕРАТИНУ	
<i>Куленко О.А., Стрижак С.В., Криворучко А.В.</i>	67
МІКРОБНО-ІНДУКОВАНА СТРЕСОСТІЙКІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН: РОЛЬ МІКОРИЗИ, ІНОКУЛЯНТІВ ТА ФІТОГОРМОНІВ В УМОВАХ АБІОТИЧНИХ СТРЕСІВ	
<i>Чайка Т.О.</i>	73
ЩОРІЧНА ВАКЦИНАЦІЯ ПРОТИ ГРИПУ – НАЙДІЄВІШИЙ ЗАСІБ ПРОФІЛАКТИКИ ЗАХВОРЮВАННЯ У ДІТЕЙ	
<i>Міщенко В.А., Пушкар М.Б., Желєзнікова М.О., Лисенко Л.С.</i>	76
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОТОБІОЛОГІЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ ПІД ВПЛИВОМ ЗОВНІШНІХ ФАКТОРІВ	
<i>Семенов А.О., Сахно Т.В., Семенова Н.В.</i>	79
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ СТРЕСОРІВ НА ЛАКТОБАКТЕРІЇ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ МОЛОЧНОКИСЛИХ ПРОДУКТІВ	
<i>Мартиненко В.А., Шевченко С.В.</i>	82

АЛЕЛОПАТИЧНИЙ ВПЛИВ РОСЛИН НА ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ

Микитенко А.О., Ромашко Т.П...... 84

ПІДБІР УМОВ КУЛЬТИВУВАННЯ ДЛЯ МАКСИМАЛЬНОГО СИНТЕЗУ ПРОТЕАЗ ЗІ СПЕЦИФІЧНІСТЮ ДО ЕЛАСТИНУ, КОЛАГЕНУ ТА ФІБРИНОГЕНУ

Гудзенко О.В......86

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТА КОНЦЕНТРАЦІЇ НА МЕХАНІЗМ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ЛІЗИН ГІДРОХЛОРИДУ

Шевченко О.П., Жабковська О.А., Шафорост Ю.А., Погребняк О.С...... 90

БІОСЕНСОРИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Інишина Н.М...... 95

ЕФЕКТИВНІСТЬ МІКРОКЛОНАЛЬНОГО РОЗМНОЖЕННЯ НІШЕВИХ КУЛЬТУР

Манушкіна Т. М., Хомут В.П......97

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ГЕННОЇ ІНЖЕНЕРІЇ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Дігтяр С.В., Смотрицький О.А...... 99

2D ДИФУЗИЯ І ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ В БЕЗГРАДІЄНТНИХ АДСОРБОВАНИХ ПЛІВКАХ: ТЕОРІЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТ

Лобурець А.Т., Заїка С.О. 101

БІОТЕХНОЛОГІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ НАПОЇВ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ ВОД КУЯЛЬНИКА

Сахно Т. В., Комищенко Д. В. 105

МІЖМОЛЕКУЛЯРНІ ВІДСТАНІ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ЕРИТРИТУ ТА АДОНІТУ

Саєнко О. В. 109

АНАЛІТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БІОХІМІЧНОГО МЕТОДУ ОЦІНКИ ВМІСТУ ВОДОРОЗЧИННИХ ЦУКРІВ У ЗЕЛЕНИХ КОРМАХ РОСЛИННОГО ГЕНЕЗУ

Чечуй О.Ф. 113

СЕЗОННА ДИНАМІКА НАКОПИЧЕННЯ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН МОРСЬКОЇ ТРАВИ ZOSTERA MARINA ЯК ПЕРСПЕКТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЛІКАРСЬКИХ ПРЕПАРАТІВ

Караюмер А.Ю., Бойцун В.Т...... 116

ВИКОРИСТАННЯ ВАНІЛІН-СУЛЬФАТНОЇ РЕАКЦІЇ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ МЕНТОЛУ

Цикало А. Ю., Корінний С.М. 118

ВПЛИВ СИРОПУ КАЛИНИ НА ЗАКВАШУВАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛАКТОБАКТЕРІЙ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЙОГУРТУ

Барієв О.О., Крикунова В.Ю...... 122

ЗАСТОСУВАННЯ БАКТЕРІАЛЬНИХ ІНОКУЛЯНТІВ НА БАЗІ BACILLUS SPP. У ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ

<i>Марченко Б. О., Крикунова В. Ю.</i>	<i>125</i>
---	------------

СЕКЦІЯ II

ХІМІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

APPROACHES TO THE DIAGNOSIS OF MUCOPOLYSACCHARIDOSIS IN DOMESTIC DOG (CANIS FAMILIARIS)

<i>Gruszczyńska Joanna</i>	<i>130</i>
----------------------------------	------------

DETERMINATION OF EQUILIBRIUM MOISTURE CONTENT OF QUERCETIN SOLID DISPERSIONS

<i>Verkhovod V.M., Kovalevska I.V., Vaschenko O.V.....</i>	<i>132</i>
--	------------

ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНІ ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ НАНОКОМПОЗИТИ В ТЕХНОЛОГІЯХ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

<i>Каракуркчі Г.В., Сахненко М.Д., Єрмоленко І.Ю.</i>	<i>134</i>
--	------------

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ БЕТОНІВ НА ШЛАКОЛУЖНОМУ В'ЯЖУЧОМУ

<i>Корогодська А.М., Шабанова Г.М., Кривобок Р.В., Сахненко М.Д.</i>	<i>138</i>
---	------------

ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ ВИРОБНИЦТВА ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО КОРОВ'ЯЧОГО МОЛОКА

<i>Портянник С.В., Маменко О.М., Рибалко В.П., Онищенко А.О.</i>	<i>140</i>
---	------------

БІОСОРБЕНТ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ СИСТЕМ ВІД СПОЛУК АМОНІЮ

<i>Большаніна С. Б., Івченко В. Д., Пятишкіна П. Д., Разінькова Е. Е.....</i>	<i>144</i>
---	------------

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ГАЛЬВАНІЧНИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

<i>Чуприна В.О., Даценко В.В.</i>	<i>149</i>
--	------------

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД НАФТОПРОДУКТІВ ЗА ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННИХ СОРБЕНТІВ

<i>Войницька І. Г., Гаркович О. Л.</i>	<i>155</i>
---	------------

ПРО ВПЛИВ РЕКРЕАЦІЇ НА ОРНІТОФАУНУ ЩИРЕЦЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

<i>Паламаренко О.В.</i>	<i>159</i>
------------------------------	------------

ПОШУК СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФОТОІНДУКОВАНОГО КАТАЛІТИЧНОГО ОКИСЛЕННЯ ОРГАНІЧНИХ СУБСТРАТІВ

<i>Дрючко О.Г., Соловійов В.В., Бунякіна Н.В., Китайгора К.О., Захарченко Р. В.</i>	<i>162</i>
--	------------

НЕБЕЗПЕКА ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ

<i>Дрожжана О.У.</i>	<i>168</i>
---------------------------	------------

АЛЕРГІЯ НА ОКРЕМІ КОСМЕТИЧНІ КОМПОНЕНТИ

<i>Саустян Я.С., Філіпцова О.В.</i>	<i>172</i>
--	------------

ВПЛИВ АДІПОНЕКТИНУ НА РОЗВИТОК МЕТАБОЛІЧНОГО СИНДРОМУ

<i>Зионг Т. Т., Прохоренко В. Л.</i>	176
ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПИТНОЇ ВОДИ: ПИТИ ЧИ НЕ ПИТИ?	
<i>Опара Н.М.</i>	179
ХІМІЧНИЙ СКЛАД АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТА ПОЛТАВИ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ Й ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ	
<i>Івченко М. М., Шинкаренко В.І.</i>	185
МЕТОДИ ТА МЕХАНІЗМИ ІММОБІЛІЗАЦІЇ МІКРООРГАНІЗМІВ НА БІОЧАРІ З РИСОВОЇ ЛУЗГИ	
<i>Крусір Г.В., Купріяшкіна О.В.</i>	189
ДОРОЖНЄ ПОКРИТТЯ З ВІДХОДІВ ПЛАСТИКУ – ІННОВАЦІЙНИЙ СПОСІБ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ	
<i>Купріяшкіна О.В., Угрин О.П., Купріяшкін С.А.</i>	192

СЕКЦІЯ ІІІ

ПРОБЛЕМИ ФАХОВОЇ ТА МЕТОДИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ З ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ У ЗВО

МОДЕЛЬНІ ОБ'ЄКТИ ДЛЯ РОЗРОБКИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ З КУЛЬТУРИ РОСЛИННИХ КЛІТИН, ТКАНИН ТА ОРГАНІВ IN VITRO	
<i>Білинська О.В.</i>	195
ІННОВАЦІЙНІ ВИКЛАДАННЯ ХІМІЧНИХ ДИСЦИПЛІН В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	
<i>Даценко В.В., Хоботова Е.Б.</i>	201
ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З НАВЧАЛЬНОЇ КОМПОНЕНТИ «ФІЗИКО-ХІМІЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ»	
<i>Мартинюк Г. В., Мартинюк І. В.</i>	207
ФОРМУВАННЯ ФАХОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНОГО ВНЗ ПРИ ВИВЧЕННІ ХІМІЇ	
<i>Єгорова Л.М.</i>	212
ЕДЬЮТЕЙНМЕНТ ЯК СТРАТЕГІЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ СИМУЛЯЦІЙ У ХІМІЧНІЙ ОСВІТІ	
<i>Шафорост Ю. А., Жабковська О. А., Шевченко О. П., Погребняк О.С.</i>	217
ВИКОРИСТАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ІІІ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ ЗВО ОП «БІОТЕХНОЛОГІЯ»	
<i>Двінських Н. В., Хохленкова Н. В., Калюжная О.С.</i>	220
ПРАКТИКО-ОРІЄНТОВАНИЙ ЗМІСТ НАВЧАЛЬНИХ ДИСЦИПЛІН У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ	
<i>Стрижак Д.О.</i>	223
ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ НАВЧАННЯ ХІМІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ОСВІТНЬОЇ ТРАЄКТОРІЇ СТАРШОКЛАСНИКА: МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ВИКЛАДАЧІВ У ЗВО	

<i>Івченко М. М., Шиян Н.І.</i>	<i>228</i>
МЕТОДИЧНІ ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ ВИКЛАДАННЯ ХІМІЇ АНГЛІЙСЬКОЮ МООВОЮ	
<i>Панченко В.Г., Шевченко І.С.</i>	<i>231</i>

СЕКЦІЯ IV

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

EFFECTS OF BIOCHAR TYPE, DOSAGE, AND SAMPLING TIME ON SOIL RESPIRATION IN WINTER WHEAT CULTIVATION	
<i>Bojarszczuk Jolanta.....</i>	<i>236</i>
TEST INDICATORS OF WINTER WHEAT VARIETY BOHDANA UNDER THE INFLUENCE OF FUNGICIDE WITH THE ACTIVE SUBSTANCE FLUDIOXONIL	
<i>Tkachuk N.V., Anyshchenko O.M.</i>	<i>238</i>
СУЧАСНІ АСПЕКТИ У ВИРОЩУВАННІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В УМОВАХ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	
<i>Шакалій С. М.</i>	<i>239</i>
АСОРТИМЕНТ НЕТРАДИЦІЙНОЇ ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ: СЕЛЕКЦІЙНИЙ АСПЕКТ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗБАГАЧЕННЯ ТА ІМПОРТОЗАМІЩЕННЯ	
<i>Позняк О.В., Кондратенко С.І.</i>	<i>243</i>
ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ ТА ПРИРОДНИХ ФАКТОРІВ НА ЗМІНУ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ ГУМУСУ	
<i>Глуценко Л. Д.</i>	<i>247</i>
ДИНАМІКА ВМІСТУ ГУМУСУ У ЧОРНОЗЕМІ ТИПОВОМУ ПО ПАРУ НА ПРОТЯЗІ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	
<i>Глуценко Л.Д., Лень О.І., Тоцький В.М.</i>	<i>250</i>
АГРОПРОМИСЛОВИЙ КОМПЛЕКС УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО ЧАСУ	
<i>Панченко Т.В., Горновська С.В. Козак Л.А.</i>	<i>252</i>
АНАЛІЗ ВПЛИВУ СПАДКОВСТІ ТА ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РОСТУ ПІД ЧАС ВИРОЩУВАННЯ СВИНЕЙ	
<i>Шаферівський Б.С. Ільченко М.О.</i>	<i>256</i>
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІЙ ТА БІОІНЖЕНЕРНІЙ СФЕРАХ АПК	
<i>Семенов А.О., Скрипник В.О., Луценко М.О., Горбань О.С.</i>	<i>258</i>
СОРТОВИЙ ПОТЕНЦІАЛ СОНЯШНИКА: РИЗИКИ ВИРОЩУВАННЯ	
<i>Маренич М.М., Ласло О.О., Ромашко Д.Л.</i>	<i>261</i>
ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ МІЖВИДОВОЇ ГІБРИДИЗАЦІЇ ГАРБУЗОВИХ ВИДІВ РОСЛИН ТА ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	

<i>Кондратенко С.І., Ліннік З.П.</i>	<i>263</i>
ФОРМУВАННЯ СКЛАДОВИХ УРОЖАЙНОСТІ СОЇ ПІД ВПЛИВОМ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ФУНГІЦИДНОЇ ОБРОБКИ	
<i>Мостипан О.В., Лабунський І.В., Грабовський М.Б., Павліченко К.В., Німенко С.С.</i>	<i>268</i>
ВИКОРИСТАННЯ ЕКСТРАКТІВ З МОХІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ РОСЛИН ВІД ПАТОГЕННИХ ГРИБІВ	
<i>Галушко І. А. Ромашко Т.П.</i>	<i>271</i>
ІНТЕГРАЦІЯ ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ ЩОДО УТИЛІЗАЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЧІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	
<i>Цехмістренко С.І., Бітюцький В.С., Тимошок Н.О.</i>	<i>273</i>
ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА СУЧАСНИЙ ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН АГРОБІОЦЕНОЗІВ УКРАЇНИ	
<i>Броун І.В., Горновська С.В.</i>	<i>278</i>
ВІДТВОРЮВАЛЬНІ ЯКОСТІ СВИНОМАТОК ВЕЛИКОЇ БІЛОЇ ПОРОДИ УГОРСЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЇХ ОЦІНКИ ЗА ІНДЕКСОМ Ю. Д. ШАТАЛІНОЇ	
<i>Халак В. І., Ільченко М. О.</i>	<i>281</i>
УРОЖАЙНІСТЬ СОРТІВ СУНИЦІ САДОВОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ САДІННЯ РОЗСАДИ ПРИ ЗРОШЕННІ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ	
<i>Каращук Г. В.</i>	<i>286</i>
ВПЛИВ РІДКОГО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСНОГО ПРЕПАРАТУ В ЙОННІЙ ФОРМІ НА АКТИВНІСТЬ АМІНОТРАСФЕРАЗ У TRITICOSESCALE L. ЗА РАННІХ ЕТАПАХ ОРГАНОГЕНЕЗУ	
<i>Чечуй О. Ф., Крикунова В. Ю.</i>	<i>290</i>
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА: ЗОВНІШНІ МЕТОДИ ТА ТЕНДЕНЦІЇ	
<i>Бараболя О.В.</i>	<i>294</i>
ФОРМУВАННЯ НАСІННЄВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ СТОКОЛОСУ БЕЗОСТОГО	
<i>Марініч Л.Г.</i>	<i>300</i>
ВМІСТ ФЛАВОНОЇДІВ У НАСІННІ НОВИХ СОРТІВ СОЇ БЕЗ ОПУШЕННЯ	
<i>Білявська Л. Г., Білявський Ю.В.</i>	<i>303</i>
ОЦІНКА СУЧАСНИХ СОРТІВ СОЇ НА СТІЙКІСТЬ ДО ПОСУХИ	
<i>Рибальченко А.М., Ісаков Р.Р.</i>	<i>307</i>
РОЛЬ БІОСТИМУЛЯТОРІВ У ПІДВИЩЕННІ ВРОЖАЙНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ РОСЛИН ДО АБІОТИЧНИХ СТРЕСІВ	
<i>Кожушко К.С., Ромашко Т.П.</i>	<i>310</i>
ЕФЕКТИВНІСТЬ АГРОЛОГІСТИКИ ВИРОБНИЦТВА ТА ПЕРЕМІЩЕННЯ АГРАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	

<i>Коваль Д. О., Кулик М. І.</i>	<i>315</i>
ВПЛИВ ВОДНЕВОГО ПОКАЗНИКА ВОДИ НА ОКРЕМІ ЖИТТЄВОВАЖЛИВІ ФУНКЦІЇ ОРГАНІЗМУ ГІДРОБІОНТІВ	
<i>Титаренко О. В., Киричко О. Б.</i>	<i>318</i>
АГРОХІМІЧНІ АСПЕКТИ ВЗАЄМОДІЇ ІНГІБІТОРІВ НІТРИФІКАЦІЇ З АЗОТНИМИ ДОБРИВАМИ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ	
<i>Короткова І.В., Тристан Д.В.</i>	<i>321</i>
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	<i>324</i>
ЗМІСТ	<i>341</i>