

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Полтавський державний аграрний університет
Кафедра землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова**

**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, Università del Piemonte
Orientale, Novara, Italy
Department of Science and Technological Innovation,
Università del Piemonte Orientale, Alessandria, Italy
Micro Tracers Inc. San Francisco, USA
Chemistry Department, N. Gumilyov Eurasian National
University, Nur-Sultan, Kazakhstan
Helmholtz Institute for Pharmaceutical Research Saarland,
Helmholtz Centre for Infection Research, Saarbrücken, Germany**



X МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ

**«ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ
ТА ОСВІТА»**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

19-20 травня 2026 року

Полтава 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Полтавський державний аграрний університет
Кафедра землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова**

**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, Università del Piemonte
Orientale, Novara, Italy
Department of Science and Technological Innovation,
Università del Piemonte Orientale, Alessandria, Italy
Micro Tracers Inc. San Francisco, USA
Chemistry Department, N. Gumilyov Eurasian National
University, Nur-Sultan, Kazakhstan
Helmholtz Institute for Pharmaceutical Research Saarland,
Helmholtz Centre for Infection Research, Saarbrücken, Germany**



X МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЯ

**«ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ
ТА ОСВІТА»**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

19-20 травня 2026 року

Полтава 2026

УДК 54:504:37 (100)

ББК 24:28.08.74

341

ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ОСВІТА: Збірник матеріалів X Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 19-20 травня 2026 року). – Полтава, 2026. – 351 с. Текст: укр., англ.

Міністерство освіти і науки України, Державна наукова установа «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (УкрІНТЕІ), Посвідчення № 461 від 22 квітня 2026 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:

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

Барашков Микола Миколайович – доктор хімічних наук, професор, директор з наукової роботи корпорації MICRO TRACERS Inc. Сан-Франциско (США)

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

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, Alessandria, 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

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 Черняховського, м. Київ

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

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

Грабовський Микола Борисович – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри рослинництва та цифрових технологій в агрономії Білоцерківського національного аграрного університету

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, доктор сільськогосподарських наук, професор.

Поспелов Сергій Вікторович - доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова ПДАУ.

Короткова Ірина Валентинівна – кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова ПДАУ.

Ромашко Таміла Петрівна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова ПДАУ.

Корінний Сергій Миколайович - кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова ПДАУ.

Сахно Тамара Вікторівна – доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова ПДАУ.

Кожушко Катерина Сергіївна – завідувач лабораторії «Загальної біотехнології» кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова ПДАУ.

Тристан Дар'я Володимирівна – науковий співробітник лабораторії «Загальної біотехнології» кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова ПДАУ.

Рекомендовано до друку вченою радою ННІ АСЕ (Протокол №10 від 18.05.2026 року) та вченою радою ПДАУ (Протокол № 10 від 26.05.2026 року)

Матеріали друкуються в авторській редакції мовами оригіналів.

© Полтавський державний аграрний університет, 2026

ШАНОВНІ КОЛЕГИ!



Щиро вітаю учасників представницького форуму: науковців і викладачів вищих навчальних закладів, всіх педагогічних працівників, фахівців у галузі природничих, сільськогосподарських, технічних та інших наук, докторантів та аспірантів, які виявили інтерес до конференції. Ми раді бачити у складі учасників конференції викладачів та науковців із різних закладів вищої освіти України та світу, які бажають поділитися досвідом наукової діяльності в галузі хімії, хімічної технології, біотехнології та екології, так і методами та методиками викладання

хімічних, біотехнологічних та екологічних дисциплін, а також науковців в галузі аграрної науки, напрацювання яких сприяють розв'язанню актуальних проблем сучасного агропромислового комплексу.

Ваші наукові дослідження є невід'ємною складовою діяльності вищої школи. Їхня вагомість визначається тими важливими завданнями, на які, власне, спрямована наукова та науково-методична діяльність викладачів. Сьогодні українська освіта й наука проходять надзвичайно складне випробування, але саме завдяки спільним зусиллям освітян і науковців ми зберігаємо інтелектуальний потенціал нашої держави та формуємо її майбутнє. Ми впевнені, що після нашої Перемоги саме освітяни, науковці та молодь стануть рушійною силою відбудови й розвитку України. Тому вже зараз надзвичайно важливо об'єднувати зусилля всіх, хто пов'язаний з освітньою та науковою сферою, адже відставання в освіті й науці означало б втрату

конкурентоспроможності нашої держави та обмеження можливостей для молодого покоління. І цього ми не маємо права допустити.

Заслугує схвалення вже сам задум конференції та її проведення попри умови воєнного стану, що дає нам можливість не лише працювати й вистояти в непростих умовах сьогодення, а й планувати майбутнє, обговорювати актуальні проблеми та визначати напрями подальшої співпраці.

Незважаючи на складні обставини, цього року розширилося коло учасників конференції. Окрім вітчизняних фахівців, зацікавленість у роботі конференції виявили науковці з багатьох країн світу, зокрема з Польщі, Італії, Казахстану, Сполучених Штатів Америки та інших держав. Це свідчить про зростаючий авторитет конференції та водночас підтверджує інтернаціональний характер наукової діяльності загалом. Ми щиро вдячні міжнародній науковій спільноті за підтримку України та української науки в цей непростий для нашої держави час.

Бажаю, щоб для кожного з вас вона стала черговим кроком до професійного зростання, нових наукових здобутків і творчих звершень. І щиро сподіваюся, що наступну конференцію ми проведемо вже під мирним українським небом.

Ще раз вітаю всіх та бажаю творчого натхнення, плідної праці, успіхів, доброго здоров'я й нових наукових досягнень усім учасникам конференції! Дякую всім закордонним науковцям, які підтримали нас у складні часи та приєдналися до нашого наукового заходу!

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

Микола МАРЕНИЧ

СЕКЦІЯ I

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

VANADIUM-MOLYBDENUM-CONTAINING FUNCTIONAL COATINGS ELECTRODEPOSITION

**Sakhnenko M.D., Dzheniuk A.V., Zhelavska Y.A., Yermolenko I.Yu,
Zyubanova S.I., Proskurina V.O., Pospelov O.P. (Kharkiv, Ukraine)**

For iron group metals alloys with vanadium, molybdenum and tungsten it is possible to predict a number of functional properties such as catalytic activity in the hydrogen evolution reaction (HER) [1], increased microhardness and corrosion resistance. Among the different types of coatings, cobalt based alloys doped with vanadium (V) are of particular interest.

Cobalt-vanadium and cobalt-molybdenum-vanadium coatings were deposited via stationary electrolysis mode from a citrate electrolyte prepared using vanadium (V) oxide (V) [2] and contain $0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ vanadium (in terms of metal). To obtain cobalt-molybdenum-vanadium coatings, 0.03 mol dm^{-3} sodium molybdate was introduced into the electrolyte [3]. Electrodeposition was carried out at $35\text{--}40^\circ\text{C}$ and pH 2.8–3.2 with a current density of $6\text{--}12 \text{ A} \cdot \text{dm}^{-2}$. Electrolysis in galvanostatic mode was performed using Stabilized DC power supply B5-47.

The chemical composition of the coatings was determined via the energy-dispersive X-ray spectroscopy results, using an Oxford INCA Energy 350 microanalyzer integrated into the scanning electron microscope system (SEM).

Determination of microhardness according to the Vickers method was carried out by indenting a diamond pyramid with a square base and an angle at the top of 136° , using a hardness tester PMT-3.

The results of the X-ray dispersive spectrometry show that the vanadium content is 0.1–1.7 mass. % and 1.9–9.0 mass. % for Co-V coatings and Co-Mo-V coatings, respectively (Fig.1).

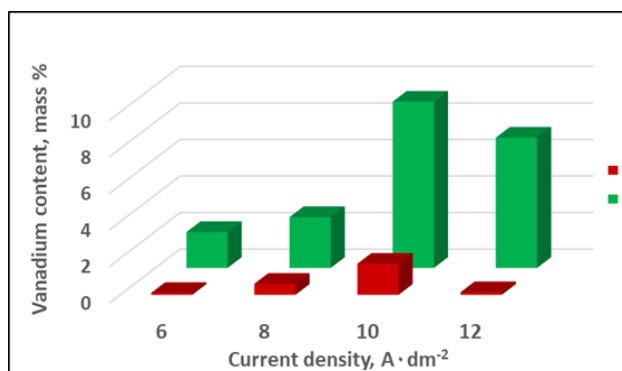


Fig.1. Vanadium content in Co-V (1) and Co-Mo-V (2) coatings.

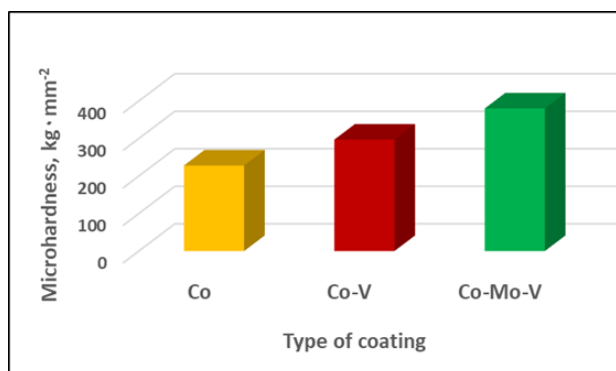


Fig.2. Microhardness of coatings

The microhardness of the vanadium-containing (1.7–2.0 mass. %) coatings obtained is 60 – 80 kg · mm⁻² higher, than that of cobalt electroplated from a sulphate solution (Fig.2) [2, 3].

Increased vanadium content and microhardness are achieved by bringing the reduction potentials of cobalt, molybdenum and vanadium closer together in the presence of citrate anions, which act as ligands and reduce the concentration of free cobalt (2+) cations and, accordingly, their reduction potential.

Electrodes with such a coating, for example, can be recommended as cathodes for the electrochemical production of hydrogen, which will help reduce energy and material costs for this process.

References:

1. Ведь М. В. Каталітичні та захисні покриття сплавами і складними оксидами: електрохімічний синтез, прогнозування властивостей: монографія / М. В. Ведь, М. Д. Сахненко – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. 272с.
2. Sakhnenko M.D., Zhelavska Yu.A., Proskurina V.O., Yermolenko I.Yu., Korohodskaya A.M. Vanadium-containing coatings: functional properties // *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2025. No. 6. P. 57–62. doi.org/10.32434/0321-4095-2025-163-6-57-62
3. Патент на корисну модель № 152643 Україна, МПК C25D 3/56 (2006.01). «Спосіб нанесення покриттів сплавом кобальт-молібден-ванадій» / М.Д. Сахненко, А. М. Корогодська, В.О. Прокуріна, Ю.А. Желавська, Н.В. Горохівська; заявник та патентовласник НТУ «ХПІ». - № u2021 07697; заяв.28.12.2021; опубл. 29.03.2023, Бюл. №13.

STUDY OF CHEMICAL DISSOLUTION OF Cu98Be ALLOY IN SOLUTIONS BASED ON FeCl₃

Egorova L. (Kharkiv, Ukraine)

Difficulties that we meet during anodic treatment of the surface of copper alloys require the detailed study of processes of chemical dissolution of copper alloys, as well as beryllium bronzes in electrolyte solutions of various compositions. The data of investigation has theoretical as well as practical value in production of precise mechanic goods, optics, radio electronics, another adjacent areas, where creation of thin and superthin surface structures, technology of precession etching, making sketches, composition of layers, etc. are needed.

Solid two-component metallic solutions can participate in reactions of anodic oxidation in such a way that ionization is concerned either both components or selectively one of them. As new decisions, for example, to use copper-beryllium alloys.

Beryllium bronze is used at manufacturing of the circuit boards and is indispensable when good electrical conductivity, mechanical durability and springiness properties are needed at the same time. Due to unique composition of properties, this alloy is one among standards in production of the electrical connectors and spring details of the conversion sensors. It's very important to preserve in these technologies minimal damage of the beryllium bronze surface, therefore chemical etching process is used for its preparation. Lately the stamping technology has been used for the spring production. This technology did not supply the required accuracy of production and broke the quality of internal layer and that worsens the efficiency of operation of the device. The maximal permissible deviations from the geometric parameters of the parts are ± 10 mkm, and losses of the bronze layer due to chemical treatment is not higher than 0,2 mkm. [1]. Moreover, toxic dust discharges must be

controlled during mechanical treatment but this problem is successfully solved at size treatment of the copper-beryllium alloy by chemical etching operation [2,3].

The main purpose is to investigate processes of chemical ionization of Cu98Be alloy in various electrolytes.

The dissolution rate of the Cu98Be alloy (beryllium bronze) electrode in acidic solutions based on FeCl₃ was studied by rotating disc electrode method at the rotation rate 74 rps. Determination of etching rate by gravimetry was based on rotating disk electrode, made from Cu98Be bronze. It allows to imitate the hydrodynamic conditions of jet etching and cancel the diffusion limitations on transportation of dissolution products of the copper component to the bulk of solution. On the base of our first investigations of determination of the ionization rate of Cu98Be alloy in various electrolytes, the solution of FeCl₃ was chosen as a basic component of etching solution. Dissolution of Cu98Be alloy in FeCl₃ solutions is higher than in other investigated etching solutions. That is due to high oxidizing ability of Fe³⁺. The high rate of dissolution of beryllium bronze can be reached not only by increase of oxidizing Fe³⁺ ion concentration, but also by addition of various supplements, which form stable complexes with alloy components.

On the base of our first investigations of determination of the ionization rate of Cu98Be alloy in various electrolytes, the solution of FeCl₃ was chosen as a basic component of etching solution. The series of five composition of etching solutions which provide high etching rate and uniform dissolution of beryllium bronze components was selected.

As the components of Cu98Be alloy dissolutions the composition of the etching solution and the rate of dissolution of the alloy components was changes. Therefore, it is very important to check the stability of the etching process of beryllium bronze. In this regard, the change in the rate of dissolution of the alloy Cu98Be over time was investigated, and $v - \tau$ – curved lines were constructed (Fig.1).

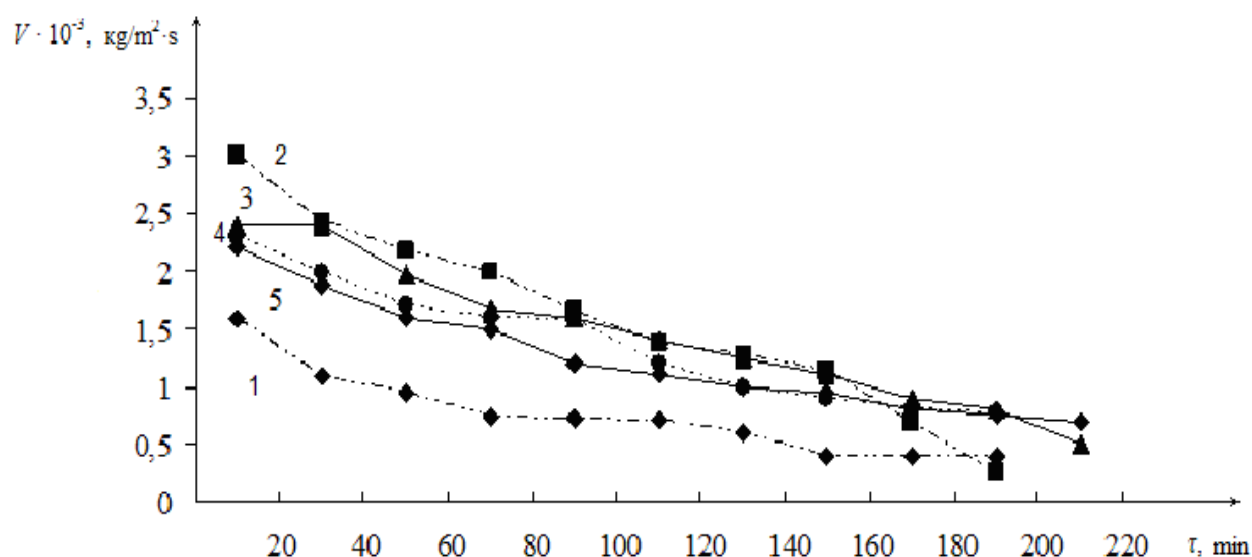


Fig.1. Change in the etching rate of the alloy Cu98Be over time. In composition solutions mol/l: 1–0,5M FeCl₃, 2–1,0M FeCl₃, 3–0,5M FeCl₃ + 0,5M Fe(NO₃)₂ + 0,5M HCl, 4–0,5M FeCl₃ + 0,5M Fe(NO₃)₂ + 0,25M H₂SO₄, 5–0,5M FeCl₃ + 0,5M Fe(NO₃)₂

According to the experimental data Fig.1, the quantitative indices of etching were calculated and the composition of the solutions, which provide a high speed was proposed (curves 2 and 3, Fig. 1). The mineralogical composition of low-soluble compounds in exhausted etching solutions was determined by X-ray-phase analysis.

The process of chemical ionization of Cu98Be alloy in solutions of various composition based on FeCl₃ was studied. The optimal compositions of etching solutions, which provide high-quality etching of beryllium bronze according to several criteria – high process speed, uniform dissolution of alloy components, high capacity for both components of beryllium bronze was proposed. The obtained results are of great importance in practical use because they allow selecting the composition of the etching solution, which in turn helps to optimize the technological etching process.

References:

1. Yang, L., Zhang, F. Y., Yan, M. F., & Zhang, M. L. Microstructure and mechanical properties of multiphase layer formed during thermos-diffusing of titanium into surface of C 17200 copper-beryllium alloy. *Applied Surface Science*. 2014. Vol. 292. P. 225-230.
2. Çakır, O., Temel, H. A. M. D., & Kiyak, M. Chemical etching of Cu-ETP copper. *Journal of Materials Processing Technology*. 2005. Vol. 162. P. 275-279.
3. Çakır O. Review of Etchants for Copper and Its Alloys in Wet Etching Processes. *Key Engineering Materials*. 2008. Vol. 364. P. 460-465.

AGGREGATION-INDUCED EMISSION AND VISCOSITY-CONTROLLED FLUORESCENCE IN ORGANIC MOLECULAR SYSTEMS

Korotkova I.V. (Poltava, Ukraine)

Organic chromophores that fluoresce efficiently in dilute solutions commonly demonstrate a pronounced decrease of emission efficiency in the solid phase. Such behavior is generally associated with intermolecular interactions that provide pathways for the non-radiative decay of electronic-excited states [1]. However, a number of compounds are known for which fluorescence is enhanced rather than quenched in the solid state. A novel phenomenon observed for representatives of various classes of compounds, known as aggregation-induced emission (AIE), was first reported in [2]. An analogous phenomenon of enhanced luminescence upon molecular aggregation under comparable conditions was later described by Park *et al.* in 2002 [3]. Since then, both effects have attracted considerable research interest because solid-state organic luminescent materials are of importance not only for fundamental investigations but also for practical applications owing to their significant role in such diverse fields as solid-state light-emitting electrochemical cells, chemosensors, photocatalysts for hydrogen generation, biochemical probes, and organic light-emitting devices.

Several mechanisms have been proposed to explain the nature of AIE, among which the restriction of intramolecular rotation mechanism is the most widely accepted. This concept was later complemented by the mechanisms of restriction of intramolecular vibrations and restriction of intramolecular motions [4].

The implementation of all the proposed mechanisms is primarily associated with the restriction of molecular mobility, which blocks non-radiative relaxation pathways and effectively suppresses self-quenching processes (including various types of motions, rotations, vibrations, and conformational changes) through the influence of the surrounding environment (such as solvent substitution and changes

in the viscosity and temperature of the system), ultimately resulting in the formation of luminescent aggregates.

Indeed, for 1,1-bis(phenylethynyl)-2,3,4,5-tetraphenylsilole system in dioxane, an enhancement of fluorescence intensity in THF solution was observed upon decreasing the temperature from 23 to -78 °C [5]. Cooling a tetrahydrofuran solution of hexaphenylsilole (HPS) from room temperature to -196 °C resulted in a substantial increase in fluorescence intensity, which at -196 °C was approximately 360-fold higher than that at room temperature, as shown in Fig.1.

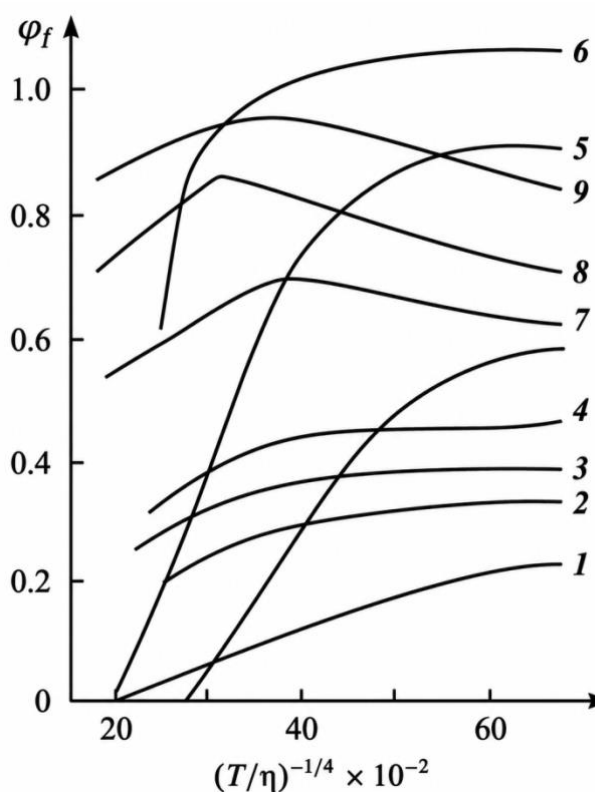
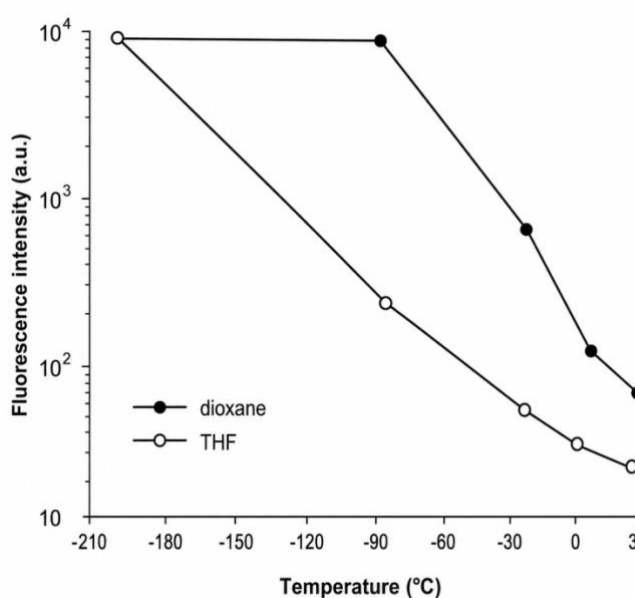


Fig. 1. Fluorescence intensity of hexaphenylsilole in THF and dioxane solution from 21°C to -196 °C

Fig. 2. Viscosity effect on the fluorescence quantum yield: 1: 3,4-benzocoumarin; 2: 1,3-dimethylindazole; 3: anthracene; 4: isoquinoline; 5: 2-tert-butyl-4-methylindazole; 6: benzoquinoline; 7: coumarin 47; 8: coumarin 120; 9: coumarin 102.

Fluorescence studies of HPS in glycerol/methanol mixtures showed that siloles become strongly emissive as the viscosity of the medium increases. For example, the fluorescence intensity recorded in a glycerol/methanol mixture (50:50) was nearly fivefold greater than that observed in methanol alone. Similar to cooling, increased viscosity is assumed to hinder intramolecular rotations and thereby reduce non-radiative relaxation processes.

The influence of temperature on fluorescence intensity, as well as the mechanism of fluorescence quenching in solutions of heterolyatomic heteroaromatic molecules, has been described by us in a series of studies [6-8]. However, differences in fluorescence intensity cannot always be explained solely by the temperature dependence of intramolecular dissipation of electronic excitation energy. This indicates that the viscosity of the medium also exerts a significant influence on fluorescence processes.

Quantitatively, the viscosity effect is described by the following relationship:

$$k_{\text{fl}} = \text{const} \left(\frac{T}{\eta} \right)^{1/4}$$

on the basis of which we obtained the graphical dependence presented in Fig. 2 for various molecules. As can be seen from Fig. 2, the fluorescence quantum yield increases inversely proportional to the fourth root of the temperature divided by the viscosity of the solvent. For different molecules, such a temperature range may vary, since molecular sensitivity to solvent polarity and viscosity manifests itself differently.

Moving to the mechanism underlying the dependence of fluorescence intensity on the viscosity of the medium, it can be stated with confidence that this is a level inversion mechanism proposed by us in [9, 10]. Both temperature and solvent viscosity affect the magnitude of the energy gap between the lowest singlet and triplet states, which in turn determines the probability of intersystem crossing between these states. The probability of realization of this mechanism can be evaluated from the absorption spectra. We experimentally established that, if the maximum of the long-

wavelength absorption band shifts with changing temperature, the level inversion mechanism takes place.

We assume that the dependence of fluorescence intensity on the medium viscosity can be explained by the inversion of the energy levels of the lowest electronic-excited states. Thus, aggregation-induced changes in molecular fluorescence intensity are determined by the relative position of the energy levels of the lowest electronic-excited states. This mechanism may be applied to explain AIE in different molecular systems whose fluorescence is associated with the presence of energy levels of different nature (π – π^* and n – π^*) and multiplicity.

References:

1. *Photophysics and Excited State Decay Mechanism of AIEgens* / Carla Cunha, J. Sérgio Seixas de Melo. Springer, 2026. P. 1–25. DOI: 10.1007/978-981-97-1574-9_173-1.
2. Luo J., Xie Z., Lam J. W. Y. et al. Aggregation-induced emission of 1-methyl-1,2,3,4,5-pentaphenylsilole. *Chem. Commun.* 2001. no.18. P. 1740–1741. DOI: 10.1039/B105159H.
3. An B.-K., Kwon S.-K., Jung S.-D. et al. Enhanced emission and its switching in fluorescent organic nanoparticles. *J. Am. Chem. Soc.* 2002. Vol. 124, no. 48. P. 14410–14415. DOI: 10.1021/ja028435x.
4. Mei J., Leung N. L. C., Kwok R. T. K. et al. Aggregation-Induced Emission: Together We Shine, United We Soar! *Chem. Rev.* 2015. Vol. 115, no. 21. P. 11718–11940. DOI: 10.1021/acs.chemrev.5b00263.
5. Chen J., Law C. C. W., Tang B. Z. et al. Synthesis and Photoluminescence of Silole Derivatives with High Solid-State Emission Efficiencies. *Chem. Mater.* 2003. Vol. 15, no. 7. P. 1535–1546. DOI: 10.1021/cm020949y.
6. Сахно Т.В., Короткова И.В., Хахель О.А. Влияние температуры на тушение флуоресценции соединений ряда кумаринов. *Теоретическая и экспериментальная химия.* 1996. Т. 32, № 4. С. 247–250.
7. Korotkova I.V. Computation of UV spectra of heteroaromatic organic structures in solutions. *Збірник наукових праць І Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. «Хімія, екологія та освіта».* Полтава, 2015. С. 13-17.
8. Korotkova I., Sakhno T., Sakhno Yu., Irgibaeva I., Granchak V. DFT Modeling of Structural, Electronic and Spectral Properties of Some Heterocyclic Dyes as Candidates for Luminescent Solar Concentrators. *Methods and Applications of Computational Chemistry. Fifth Symposium, 1-5 July 2013, Kharkiv, Ukraine*, P. 82.
9. Khakhel' O. A., Korotkova I. V., Sakhno T. V. A possible mechanism of coumarin derivatives fluorescence quenching. *Functional Materials.* 1996. Vol. 3, no. 4. P. 502–505.
10. Короткова І. В., Сахно Т. В., Соловійов В. В. Теоретичне дослідження впливу розчинника на спектрально-люмінесцентні властивості молекул, що містять атоми азоту та кисню. *Український хімічний журнал.* 1998. Т. 64, Вип. 2. С. 9–13.

MAGNETO-RESPONSIVE BACTERIAL MICROTRACERS FOR MONITORING HOMOGENEITY OF LIQUID FEEDS

Barashkov N. (San Francisco, California USA), Irgibaeva I. (Nur-Sultan, Kazakhstan), Sakhno T. (Poltava, Ukraine)

The control of component distribution uniformity in liquid feeds is an important stage of modern feed production, as the efficiency of enzymes, vitamins, pharmaceuticals, and other micro-additives strongly depends on mixing quality. Conventional methods for assessing homogeneity are often insufficiently accurate for highly viscous systems, such as molasses-based feeds. Therefore, the development of magnetic microtracers that can be easily recovered and quantitatively analyzed after mixing is a promising approach.

This work investigates the use of magnetotactic bacteria *Magnetospirillum magneticum* AMB-1 as a biological basis for the development of colored magnetic markers. These bacteria contain intracellular magnetosomes, which provide sensitivity to external magnetic fields and enable efficient magnetic separation from feed systems. For visualization and spectrophotometric detection, the cells were stained with the food-grade dye FD&C Red No. 3 (erythrosine).

The dye concentration was determined using UV–Vis spectrophotometry at 520 nm. After magnetic separation, bacterial cell structures were disrupted by heating in the presence of a 0.5% aqueous surfactant solution, ensuring effective release of the dye into solution.

The obtained results demonstrate that the proposed microtracers form a stable suspension in liquid feeds and exhibit a high recovery efficiency after magnetic separation. The coefficient of variation of analytical results was approximately 10%, which corresponds to acceptable mixing homogeneity. The dye recovery efficiency reached 85% even at a low concentration in feed (about 5 ppm).

Additionally, it was found that magnetotactic bacteria enable the development of multifunctional biotracers incorporating different dyes or fluorescent labels for simultaneous monitoring of multiple components within feed mixtures. A combination of magnetic separation with fluorescence or luminescence detection could further enhance sensitivity in complex multicomponent systems.

These findings confirm the potential of magnetotactic bacteria as environmentally safe and efficient micro-markers for monitoring mixing processes in liquid feeds, controlling the distribution of bioactive substances, and improving feed production technologies.

REACTIVITY OF CHROMOPHORIC DIAMINES IN THE SYNTHESIS OF MODIFIED AROMATIC POLYAMIDES

Nikolay N. Barashkov (San Francisco, California, USA)

The development of structurally modified aromatic polyamides containing chromophoric units directly incorporated into the macromolecular chain is of considerable interest for obtaining high-performance polymeric materials with advanced optical properties [1, 2]. Incorporation of chromophoric fragments during polycondensation synthesis allows preservation of the principal characteristics of aromatic polyamides, including thermal stability, fibre-forming ability, and high mechanical strength, while simultaneously imparting fluorescence, controlled coloration, enhanced photostability, and resistance to ultraviolet irradiation.

One of the important factors governing the formation of high-molecular-weight copolyamides is the relative reactivity of diamine comonomers participating in the polycondensation process. Previous investigations have demonstrated that successful copolycondensation of isophthaloyl chloride with mixtures of aromatic diamines is strongly dependent on the similarity of their acylation behavior [3, 4]. Since amine reactivity in acylation reactions is closely related to the electronic structure and

basicity of amino groups, kinetic analysis of model reactions provides valuable information for predicting copolymer architecture [5].

In this work, the acylation kinetics of several aromatic diamines were investigated using benzoyl chloride as a model acylating agent. The studied compounds included m-phenylenediamine (MPDA), the sodium salt of 4,4'-diaminostilbene-2,2'-disulfonic acid (diamine I), and 6-amino-2-(p-aminophenyl)benzoxazole (diamine II). Particular attention was devoted to the influence of electronic substituents and nonequivalent amino groups on the reaction mechanism.

Diamine I was selected because stilbene-containing fragments are known to improve ultraviolet resistance of aromatic polyamides. Diamine II represents a class of asymmetric heterocyclic diamines characterized by substantial differences in amino-group basicity. The dissociation constants of the amino groups in diamine II differ considerably, indicating unequal reactivity during acylation reactions.

Aromatic diamines with dependent functional groups do not strictly follow the classical Flory principle during the initial stages of polycondensation. As a consequence, the polymer chain growth process proceeds through several kinetically distinct stages characterized by different rate constants. Experimental determination of intermediate concentrations during these reactions is analytically difficult; therefore, numerical kinetic analysis based on the Runge–Kutta method was applied for evaluation of the acylation constants.

The calculated kinetic constants for MPDA and of diamine I were found to be: $K_1 = 193 \pm 20$, $K_2 = 17.6 \pm 1.5$ liters/(g·eq·sec) and, respectively, $K_1 = 14.4 \pm 1.3$ and $K_2 = 1.0 \pm 0.08$ liters/(g·eq·sec).

A substantial decrease in the reactivity of the second amino group after the first acylation step was observed for both diamines. This effect is associated with transformation of the electron-donating amino substituent into an electron-withdrawing amide fragment during the reaction. In the case of diamine I, the

additional electron-acceptor influence of sulfonate groups further decreases the overall reactivity of the diamine compared with MPDA.

The obtained kinetic data indicate that copolycondensation involving MPDA and chromophoric diamines is likely to produce copolymeric structures with nonuniform distribution of repeating units. The resulting macromolecules probably contain relatively long poly-m-phenyleneisophthalamide segments alternating with shorter chromophore-containing fragments.

The performed study demonstrates that the kinetic characteristics of aromatic diamines play a decisive role in the formation and structure of modified polyamides. The established relationships between diamine structure and acylation reactivity may be useful for the directed synthesis of fibre-forming aromatic copolyamides possessing enhanced optical and photochemical properties.

References:

1. Reglero Ruiz J.A., Trigo-López M., García F.C., García J.M. *Functional Aromatic Polyamides*. *Polymers*. 2017. 9(9), 414. doi.org/10.3390/polym9090414. 2. Barrio-Manso J.L., Calvo P., García F.C., Pablos J.L., Torroba T. and García J.M. *Functional fluorescent aramids: aromatic polyamides containing a dipicolinic acid derivative as luminescent converters and sensory materials for the fluorescence detection and quantification of Cr(VI), Fe(III) and Cu(II)*. *Polym. Chem.* 2013. 4. P. 4256-4264. 3. Barashkov N.N., Gunder O.A. "Fluorescent Polymers", Ellis Horwood Publisher, Chichester, UK, 238 p. 4. Sanchez C.O., Sobarzo P., Gatica N., Mac-Leod-Carey D. *New fluorescent crosslinked aromatic polyamides containing thiophene and furane in their backbone*. *J. Chil. Chem. Soc.* 2015. V.60. N3. P. 3040-3044. 5. Novikova T.S., Barashkov N.N., Yassar A., Hmyene M., Ferraris J.P. *Aromatic copolyamides and copolyesters with vinylenarylene and terthiophene fragments in the polymer chain: synthesis and photophysical properties*. *Synthetic Metals*. 1997. V. 84, Is. 1–3. P. 247-248.

TUNING PHOSPHORUS RELEASE FROM HYDROXYAPATITE NANOPARTICLES VIA STRUCTURAL INCORPORATION OF HYDROGEN PHOSPHATE SPECIES

**Sakhno Yuriy, Jaisi Deb P. (Newark, USA), Miletto Ivana (Novara, Italy),
Paul Geo (Alessandria, Italy)**

Sustainable intensification of agriculture requires efficient phosphorus (P) fertilizers capable of matching increasing global demand driven by population growth

and the expansion of bioenergy and food crop production. In this context, hydroxyapatite nanoparticles (HANPs), $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$, have emerged as promising slow-release phosphorus fertilizers due to their chemical stability and biocompatibility. However, their inherently low solubility, particularly at stoichiometric Ca/P ratios, limits their practical agronomic efficiency.

This study explores a structural strategy to enhance HANP dissolution by modulating the incorporation of hydrogen phosphate (HPO_4^{2-}) species into the apatite lattice. A series of HANPs synthesized under controlled pH conditions were systematically investigated using FTIR spectroscopy and solid-state ^{31}P MAS NMR, revealing that lower synthesis pH favors increased incorporation of HPO_4^{2-} into phosphate sites. With increasing pH, these protonated species progressively decrease, coinciding with enhanced carbonate substitution, predominantly forming B-type carbonated apatite's.

Dissolution behavior was evaluated using a flow-through macrodialysis system designed to minimize secondary phase precipitation and isolate intrinsic dissolution kinetics. The results demonstrated a clear pH-dependent trend: HANPs synthesized at pH 6.0 exhibited the highest dissolution rates, while samples prepared at pH 10.0 dissolved approximately an order of magnitude more slowly. These findings confirm that structural protonation within the apatite framework plays a key role in governing phosphate release dynamics.

Complementary X-ray diffraction analysis indicated the absence of octacalcium phosphate impurities across the studied pH range, despite thermodynamic conditions that could favor its formation at lower pH. Rietveld refinement and PDF-based phase analysis further revealed subtle but systematic variations in lattice composition, particularly in Ca occupancy and phosphate distribution. A consistent trend was observed: decreasing pH leads to reduced Ca/P ratios and increased proton content within the structure, while higher pH conditions yield more calcium-rich, proton-deficient apatite's.

These structural variations correlate directly with dissolution performance, supporting a mechanistic link between hydrogen phosphate incorporation and enhanced mineral reactivity. The results align with previously reported findings on ionic substitution effects (carbonate, sodium, potassium) and further extend the concept of defect-engineered apatite's as tunable nutrient carriers.

Our results, present here and published in the past [1–6], are incremental for a systematic bottom-up study on tuning up HANPs and developing a mechanistic understanding of mineral dissolution and P release.

Overall, this work demonstrates that controlled synthesis pH enables targeted manipulation of HANP structure and dissolution kinetics, providing a scalable strategy to optimize phosphorus release efficiency. Such atom-efficient design approaches contribute to improving resource use efficiency and nutrient use efficiency, offering a pathway toward more sustainable fertilizer technologies in modern agriculture.

References:

1. Sakhno Yu., Miletto I., Paul G., Jaisi D. P. A novel route to enhance the dissolution of apatite: structural incorporation of hydrogen phosphate. *NanoImpact*. 2022. Vol. 28. Art. 100422.
2. Vasylenko K., Sakhno Yu., Jaisi D., Nikolenko M. Determination of the activation energies of phase transition for calcium orthophosphates based on powder X-ray diffraction data. *Crystal Research and Technology*. 2022. Vol. 57, no. 3. Art. 2100215.
3. Tosun G. U., Sakhno Yu., Jaisi D. Synthesis of hydroxyapatite nanoparticles from phosphorus recovered from animal wastes. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 2021. Vol. 9. P. 15117–15126.
4. Sakhno Yu., Jaisi D. Novel route to enhance the solubility of apatite, a potential nanofertilizer, through structural incorporation of sodium and potassium ions. *ACS Agricultural Science & Technology*. 2021. Vol. 1. P. 488–498.
5. Sakhno Yu., Bertinetti L., Iafisco M., Tampieri A., Roveri N., Martra G. Surface hydration and cationic sites of nanohydroxyapatites with amorphous or crystalline surfaces: a comparative study. *The Journal of Physical Chemistry C*. 2010. Vol. 114, no. 39. P. 16640–16648.
6. Sakhno Yu., Iafisco M., Jaisi D. Role of maturation temperature on structural substitution of carbonate in hydroxyapatite nanoparticles. *JOM*. 2021. Vol. 73. P. 1044–1052.

OPTICAL POLYMER AND HYBRID MATERIALS FOR HIGH-PERFORMANCE OLED DEVICES

**Korotkova I.V., Sakhno T.V. (Poltava, Ukraine),
Irgibaeva I.S. (Nur-Sultan, Kazakhstan)**

Optoelectronic devices are capable of receiving, converting, and generating incoherent or coherent radiation in the visible, infrared, and ultraviolet spectral regions. Among the most promising radiation sources for optoelectronic applications are light-emitting diodes (LEDs) [1]. An organic light-emitting diode (OLED) is essentially a semiconductor light-emitting device consisting of an electroluminescent organic layer positioned between electron- and hole-transporting layers and two electrodes [2].

Light-emitting materials are predominantly used in the solid state, and their emission efficiency plays a crucial role in determining the performance characteristics of OLED devices [3]. OLEDs are relatively simple electrical structures composed of several ultrathin organic layers, thinner than a human hair, placed between two electrodes. Due to the exceptional scalability and flexibility of OLED structures, they are suitable for a wide range of applications, from high-resolution mobile displays to large-area lighting panels that may be lightweight and flexible enough to be rolled or mounted similarly to wallpaper.

Although the commercial OLED display and television market continues to expand steadily, further improvements are still required to reduce manufacturing costs, increase efficiency, prolong operational lifetime, and fully realize the technological potential of OLED devices [4].

Organic light-emitting diodes are used both in display technologies and in lighting panels because they consist of extremely thin (~100 nm) layers of emissive organic semiconductor molecules. During OLED operation, an excited energy state known as an exciton is formed when a high-energy electron interacts with a lower-

energy molecular state. The exciton subsequently releases energy in the form of visible light when the electron transitions to an available lower-energy state.

Optical polymers, often referred to as “optopolymers,” are widely employed as base materials for OLED fabrication. These materials are transparent polymers possessing specific optical and physical characteristics. They are also utilized in various optoelectronic systems, including antireflective coatings, liquid crystal displays (LCDs), optical fibers, adhesives, and lenses [5]. Approximately twenty classes of optical polymers can be incorporated into OLED structures. The classification of optical polymers includes conventional transparent polymers with glass-like purity, such as polymethyl methacrylate (PMMA), polycarbonate, styrene-acrylonitrile copolymers, polymethylpentene (e.g., TPX®269), and methacrylate-styrene copolymers.

A broader classification based on properties and applications includes conjugated polymers, electroluminescent polymers, fluorescent polymers, and photonic polymers. Optical polymers may generally be divided into the following groups: Optically active conjugated polymers, Transparent (photonic) polymers, Organic photoelectric polymers, Electroluminescent polymers, Electrophosphorescent polymers.

Electroluminescent polymers can further be categorized into: polymers for hole-transport layers; polythiophene-containing optical polymers; cyano-containing optical polymers; poly(p-phenylene)-based polymers and copolymers; silicon-containing optical polymers such as polysilanes.

Polysilanes represent an important class of inorganic polymers characterized by σ -conjugated Si–Si bonds along the polymer backbone together with two organic substituents. These substituents may include hydrogen, alkyl, or aryl groups. Such polymers exhibit unusual electronic and photophysical properties and therefore attract significant attention in optoelectronic applications [6, 7].

Polysilanes possess excellent thermal stability and relatively high resistance to hydrolysis, although they undergo photodegradation under ultraviolet irradiation. These materials demonstrate a number of valuable optical and electronic properties, including photoconductivity, photoluminescence, electroluminescence, and thermochromism. Delocalization of σ -orbitals along the silicon backbone results in a HOMO–LUMO band gap in the range of approximately 3–4 eV. The HOMO–LUMO transition in polysilanes is associated with strong absorption in the ultraviolet region [8]. Linear polysilanes also exhibit good solubility in common organic solvents and show considerable potential for applications in electronics and optoelectronics.

Nevertheless, polymeric OLED materials possess several disadvantages:

- conjugated polymers typically exhibit broad luminescence spectra, making it difficult to obtain pure monochromatic emission;
- polymers are readily oxidized, significantly reducing device lifetime and complicating fabrication technology;
- preparation of highly purified polymers remains challenging;
- OLED characteristics often demonstrate poor reproducibility due to difficulties in controlling the polymerization degree;
- many polymers exhibit insufficient thermal stability;
- polymeric materials often possess relatively low quantum luminescence yields.

A number of organic-inorganic hybrid polymers have also been developed. Hybrid materials generally consist of two or more components, one predominantly inorganic and the other organic. These components are combined at the nano- or molecular level to form hybrid structures. Such materials can be classified as follows:

- **Composites** – organic matrix polymers containing dispersed inorganic particles on the micron scale;
- **Nanocomposites** – submicron mixtures of similar materials;

- **Hybrid materials** – submicron mixtures of different material types in which one component is organic and the other inorganic;
- **Intrinsic nanohybrids** – atomic- or molecular-level combinations of different materials interconnected through chemical bonding.

The properties of such hybrid systems have been extensively described in the literature [9]. An especially interesting class of materials for luminescent OLED layers is represented by coordination compounds of rare-earth elements, particularly lanthanides. Their principal distinction from conventional luminescent systems is that the luminescence originates from the rare-earth ion itself, usually in the trivalent state, rather than from the organic ligands. Consequently, the emission spectrum is primarily determined by the metal ion, whereas other characteristics depend on the ligand environment.

The mechanism of photoluminescence in rare-earth complexes was first proposed by Weissman, who suggested that a photon is initially absorbed by the organic ligand followed by energy transfer to a resonant energy level of the rare-earth ion. Several classes of ligands are commonly employed for preparation of highly luminescent lanthanide complexes, including β -diketones, carboxylic acid derivatives, pyrazolone derivatives, and macrocyclic ligands.

To avoid the use of expensive rare-earth metals while maintaining high efficiency, modern OLED research increasingly focuses on thermally activated delayed fluorescence (TADF) materials. TADF systems enable highly efficient OLED operation through conversion of triplet excitons into singlet excitons without the use of rare-earth metals.

Future progress in OLED technology is strongly associated with the development of novel molecular systems and advanced luminescent materials capable of increasing device lifetime, achieving pure red and blue emission, and minimizing emission degradation caused by oxygen and moisture exposure.

References:

1. IEC 62868:2014 Organic light emitting diode (OLED) panels for general lighting – Safety requirements. ДСТУ EN 62868:2018 (EN 62868:2015, IDT) Екрани з органічними світлодіодами (OLED) для загального освітлення. Вимоги безпеки. 2. Кожушко Г.М., Сахно Т.В., Семенов А.О. Вимоги міжнародних стандартів до OLED для загального освітлення // Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практика, освіта: матеріали V Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 14–15 березня 2018 року). Полтава: ПВЕТ, С.197-202. 3. Sulaiman Khalifeh. Polymers in Organic Electronics. Chem Tec Publishing. 2020. P. 393-483. 4. Meenu K. M., Bag Dibyendu S, Lagarkha Rekha. Synthesis of Functional Photoactive Polysilane Copolymers with Disperse Yellow 7 Methacrylate and Study of their Optical, Photophysical and Thermal Properties. Journal of Polymer Materials. New Delhi. 2019. V.36(3). P. 275-292 5. Km. Meenu, Dibyendu S. Bag, Rekha Lagarkha, Radha Tomar and Arvind K. Gupta. Functional Polysilanes and their Optical, Chiroptical and Photoluminescence Properties. Current Organocatalysis. 2019. 6. P. 193-221. 6. Сахно Т.В., Короткова І.В., Сахно Ю.Э., Дробитько І.К. Квантово-химическое исследование наноконпозиций на основе полидиэксилсиланов. Вісник Черкаського університету. Серія «Хімічні науки». 2010. Вип. 175. С.34-37. 7. Korotkova I., Sakhno T., Drobit'ko I., Sakhno Yu., Ostapenko N. Structure of poly(di-n-hexylsilane) in nanoporous materials. Chemical Physics. 2010. V. 374, Is. 1-3, P. 99-103.

THERMOTROPIC LIQUID CRYSTALS AS PROMISING DRUG DELIVERY SYSTEMS

Vashchenko O.V., Vashchenko P.V. (Kharkiv, Ukraine)

Nesterkina M.V. (Saarbrücken, Germany)

Brodskii R.Ye., Lisetski L.N. (Kharkiv, Ukraine)

Liquid crystal (LC) phase, or mesophase, represents an intermediated thermodynamical state between strongly ordered crystal phase and amorphous liquids, which have no long-range order. Generally, LC properties can be intrinsic for the molecules with pronounced shape anisotropy, such as rod-like shape (calamitic LCs), disc-like shape (discotic LCs), banana-like shape (bent-core LCs), etc. Two main LC classes are known, those with LC properties controlled by temperature variation (thermotropic LCs) and/or by solvents (lyotropic LCs).

There are a number of LC phases discovered, and they can be generally characterized by a partial ordering, both orientational and translational. Basing on the

molecular ordering, one can rank the thermotropic phases of calamitic LCs as follows: crystal $\rightarrow$ smectic $\rightarrow$ nematic $\rightarrow$ liquid (Fig. 1).

Cholesteric liquid crystals are thermodynamically similar to nematics, differing by their ability to helical twisting, with the director $\vec{n}$ of quasi-nematic layers rotating about the axis of the cholesteric helix (Fig. 1, c). They are able to selectively reflect the incident light with the wavelength $\lambda = n \cdot p$ (n is the refractive index) due to Bragg's diffraction on their one-dimensional periodic structure. This phenomenon is responsible for the color of cholesteric composition (Fig. 2).

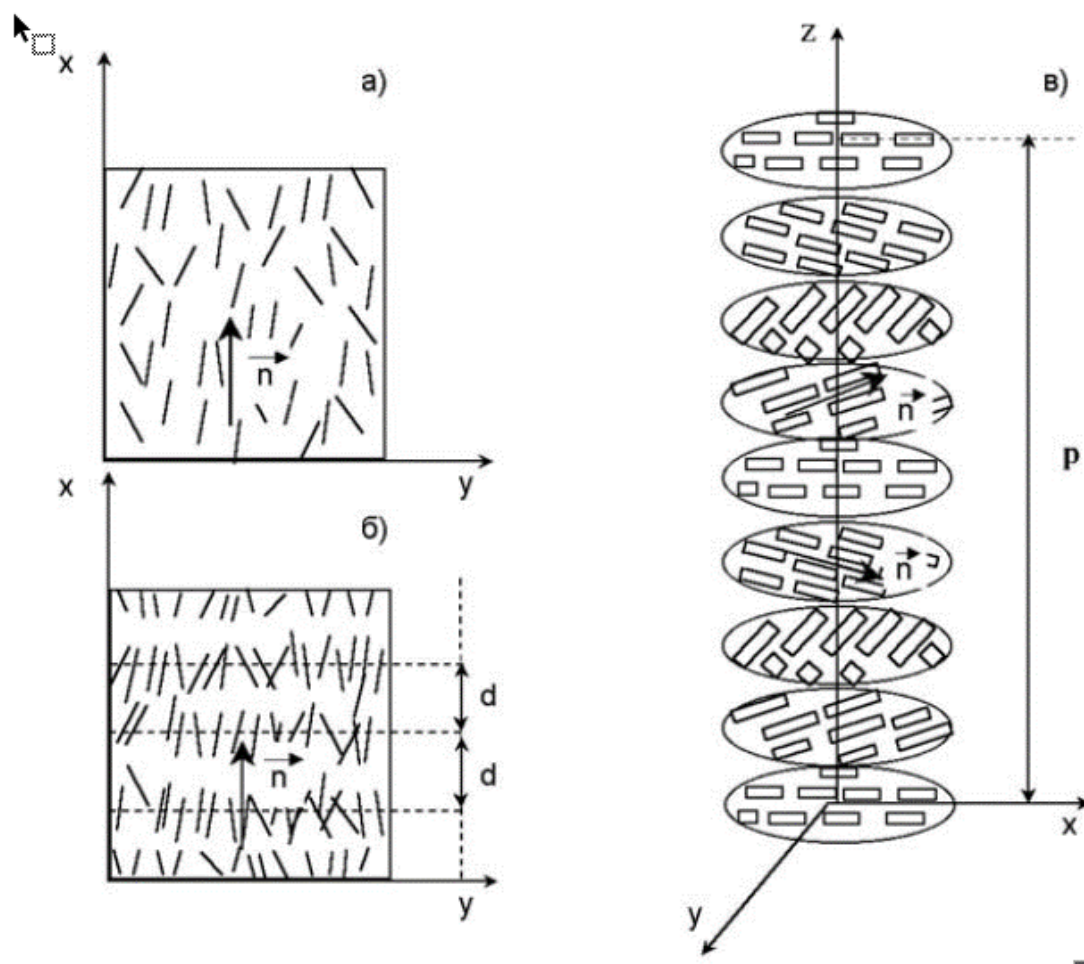


Fig. 1. Nematic phase (a), smectic phase (b), cholesteric (twisted nematic) phase (c). The director $\vec{n}$ pointing the main orientation of the molecules, the interlayer distance d , and the cholesteric pitch p are shown [1].



Fig. 2. *Colors of a cholesteric composition observed under different angles of the reflected light (Bragg's diffraction).*

Albeit the canonical applications of LCs are technical and household, another direction of their use has been intensively developed – LCs as drug delivery systems. Note that ‘drug delivery system’ is a common term applied to materials and compositions optimizing the delivery of a certain drug to its specific molecular target in an organism, in particular, by controlling its release and permeation.

Lyotropic LCs were the first class involved to drug delivery, since they can be easily obtained on the basis of lipids and other bio-compatible molecules. Lipid-based drug vehicles are now commonly considered as highly effective drug dosage forms [2].

As for thermotropic LCs, they have only recently come to be regarded for drug delivery purposes [3-5]. In particular, they exhibit the ability to dissolve moderately and highly lipophilic drugs and to accelerate their penetration through the skin cell membrane barriers (transdermal drug delivery).

A specific feature of LC systems is their ability to change their properties in response to external factors, such as temperature, electromagnetic field, pH, etc., which paves the way for controllable drug release. In particular, a pulsative way of drug release is shown for nematic LCs 4-cyano-4'-alkylbiphenyls [3], where the

regulative factor is the temperature of nematic-to-isotropic phase transition. Recently, we have shown the potential of nematic LCs to control drug release of highly water-soluble compounds due to intermolecular hydrogen bond formation between drug and LC host molecules [6]. A mathematical model has been developed which clearly demonstrate reciprocal relation between the characteristic time of drug release from the LC matrix (τ) and the drug diffusion coefficient over the LC medium [6] (which is completely in line with the above pulsative way of drug release). Moreover, it was shown that τ values reflect supramolecular re-arrangement of LC matrix induced by drug molecules [6]. However, despite of these fascinating properties, application of this type of LCs seems questionable due to high toxicity of the above compounds [6 and Refs. therein].

In this respect, cholesteric LCs based on cholesterol esters seem more appropriate candidates for drug delivery due to their high biocompatibility [4, 5]. Additional advantage is their easily tunable color, which can be utilized for indication purposes, such as “smart” wound dressing [4]. It was shown that such systems are especially effective for the delivery of moderately lipophilic drugs [5]. However, there is an obvious need to expand the temperature range of cholesteric LCs phase far beyond the skin temperature in order to provide their reliable storage and maintenance under various conditions.

A summarizing scheme of the known properties of thermotropic LCs is shown in Fig. 3. Meanwhile, a number of key points should be overcome for further successful dissemination of thermotropic LC drug delivery, such as widening the temperature range of LC phase and stability of their properties under storage.

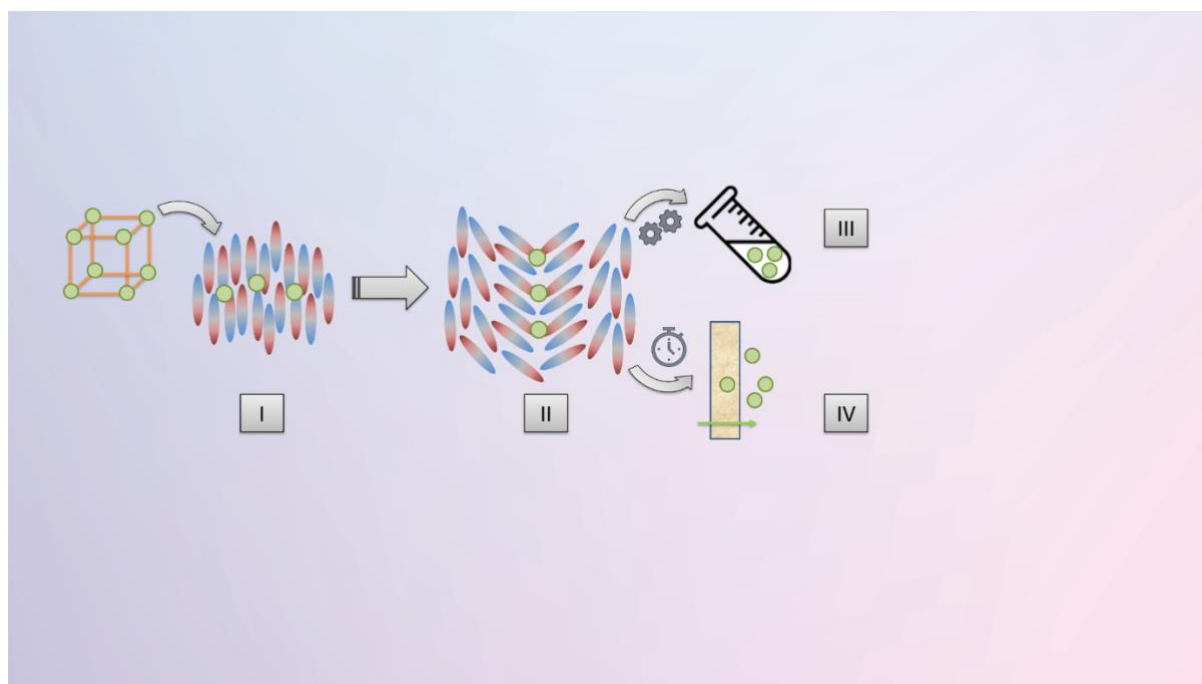


Fig. 3. Properties of thermotropic liquid crystals as drug delivery systems:
I – effective solvation of drug substances; II – supramolecular re-arrangement; III – controlled drug release; IV – accelerated skin penetration.

References:

1. Рідкі кристали як сенсорні та біоеквівалентні матеріали (*Liquid crystals as sensory and bioequivalent materials*) / Л.М. Луцецький (L.M. Lisetski). Харків, 2009. 228 с. 2. K. Akarte, D. Panjwani, V. Patel, A. Patel, N. Kushwaha, S. Patel. Liquid crystalline system for drug delivery: structural insights, preparation techniques and translational potential. *Saudi Pharmaceutical Journal*. 2026. Vol. 34. Article: 16. doi:10.1007/s44446-026-00062-6. 3. D. Devadiga, T.N. Ahipa. A review on the emerging applications of 4-cyano-4'-alkylbiphenyl (nCB) liquid crystals beyond display, *Materials Science and Engineering: B*, 2022. Vol. 275. Article: 115522. doi:10.1016/j.mseb.2021.115522. 4. M. Nesterkina, I. Kravchenko, A.K.H. Hirsch, C.-M. Lehr. Thermotropic liquid crystals in drug delivery: A versatile carrier for controlled release. *Eur. J. Pharm. Biopharm.*, 2024. Vol. 200. Article: 114343. doi:10.1016/j.ejpb.2024.114343. 5. M. Nesterkina, B. Veldung, O. Vashchenko, P. Vashchenko, L. Lisetski, I. Kravchenko, A. K. H. Hirsch, C.-M. Lehr. Thermoresponsive cholesteric liquid crystal systems doped with terpenoids as drug delivery systems for skin applications // *Eur. J. Pharm. Biopharm.*, 2023, Vol. 191, P. 139-149. doi:10.1016/j.ejpb.2023.09.002. 6. P.V. Vashchenko, R.Ye. Brodskii, I.A. Gvozдовskyy, S.S. Minenko, D.S. Sofronov, M. Nesterkina, L.N. Lisetski. Dopant-induced supramolecular nanostructuring in hydrogen-bonded liquid crystals (HBLC): a specific case of nematic 5CB and benzene diols // *J. Mol. Liq.*, 2026. Vol. 449. Article: 129425. doi: 10.1016/j.molliq.2026.129425.

ВЗАЄМОДІЯ АНТИМІКРОБНИХ ПЕПТИДІВ З МЕМБРАНАМИ ЛІПОСОМ ТА НАНОНОСІЯМИ

Берест В.П., Сєдова К.В. (м. Харків)

Стрімке зростання кількості бактерій, стійких до традиційних антибіотиків, ставить перед сучасною біофізикою та фармакологією завдання пошуку принципово нових терапевтичних агентів. Антимікробні пептиди (АМП), зокрема граміцидин S (GS), розглядаються як одна з найбільш перспективних альтернатив завдяки їхній здатності безпосередньо дестабілізувати ліпідний бішар патогенів [1]. Граміцидин S – це циклічний декапептид, що володіє потужною бактерицидною дією проти широкого спектру грампозитивних та грамнегативних бактерій [2].

Незважаючи на високу ефективність, клінічне використання GS наразі обмежене переважно місцевим застосуванням через його високу гемолітичну токсичність та неспецифічну мембранотропну активність щодо еукаріотичних клітин. Головним викликом є розширення «терапевтичного вікна» пептиду шляхом фізичного дизайну наноплатформ, які б забезпечували адресну доставку та знижували системну токсичність [2, 3]. Наше дослідження присвячено визначенню фізичних принципів взаємодії АМП з ліпосомальними та неорганічними носіями для керування їхньою біоактивністю.

Молекула GS має стабільну амфіфільну структуру антипаралельного β -шару, що підтримується чотирма внутрішньомолекулярними водневими зв'язками. Гідрофобні залишки валіну та лейцину зосереджені на одному боці молекули, тоді як позитивно заряджені залишки орнітину – на іншому [2]. Така «двостороння» архітектура є критичною для прояву антимікробної активності, оскільки забезпечує електростатичну взаємодію з аніонними компонентами бактеріальних мембран та подальше занурення у гідрофобну товщу бішару [6,7].

Дослідження методом ядерного магнітного резонансу та молекулярної динаміки підтверджують, що GS розташовується переважно в області інтерфейсу мембрани – поблизу гліцеринового залишку фосфоліпідів. Встановлено, що пептид викликає локальне витончення бішару та підвищує рухливість вуглеводневих ланцюгів, що при певних концентраціях призводить до формування транзиторних дефектів та порушення бар'єрних властивостей мембрани [6,7].

У наших дослідженнях було продемонстровано, що склад ліпідної фази наноносіїв критично визначає інтенсивність адсорбції та перерозподілу GS. Використання ліпосом різного складу (DMPC, DPPC, POPC) дозволило встановити залежність мембранотропних ефектів від мікрров'язкості та фазового стану мембрани [3,4].

Важливим фактором регуляції є вміст холестеролу. Додавання холестеролу до фосфатидилхолінових везикул значно послаблює взаємодію пептиду з мембраною, зменшуючи глибину його проникнення [3]. Це пояснюється ефектом конденсації та впорядкування ліпідного бішару, що створює енергетичний бар'єр для впровадження об'ємної молекули GS [4]. Ці фундаментальні дані були використані нами при розробці нанорозмірних ліпосомальних систем, де варіація вмісту холестеролу дозволяє «завантажувати» пептид та контролювати швидкість його вивільнення [5].

Перспективним напрямом є використання гібридних систем, що поєднують АМП із синтетичними полімерами. Нами було встановлено, що зіркоподібні поліакриламідиди здатні модулювати мембранотропну активність граміцидину S [3]. Взаємодія GS із такими полімерами призводить до зміни його розподілу між водною фазою та мембраною ліпосом, що відкриває шлях до створення керованих «розумних» систем доставки. Фізичні параметри цих наноконтейнерів, такі як заряд та конфігурація гілок полімеру, дозволяють

тонко налаштовувати літичну дію пептиду, мінімізуючи його побічні ефекти на клітини господаря.

Для оцінки цитотоксичності та потенційних антинеопластичних властивостей нами було проведено серію експериментів на клітинах епітеліального походження (лінія L929). Результати показали, що вільний граміцидин S суттєво пригнічує проліферативну активність та інгібує адгезію фібробластів [5]. Ці ефекти можуть бути пов'язані з порушенням цілісності плазматичної мембрани та втручанням пептиду в процеси сигналіngu, що регулюють клітинний цикл.

Важливо зазначити, що інкапсуляція GS у ліпосоми дозволяє значно знизити його негативний вплив на життєздатність клітин при збереженні терапевтичної концентрації [8]. Це підтверджує нашу гіпотезу про те, що наноплатформи можуть виступати фізичним бар'єром, який запобігає неконтрольованому лізису клітин епітелію та крові.

Окрім ліпосом досліджуються гібридні наноносії на основі неорганічних наноструктур – оксиду графену (GO) та дихалькогенідів перехідних металів (MoS_2). Оксид графену має високу питому поверхню, що дозволяє адсорбувати значні кількості АМП, проте його власна токсичність вимагає біофункціоналізації. Нами відпрацьовано методики створення потрібних комплексів «ліпосома-GS-GO», що забезпечують стабільність пептиду та підвищують ефективність його впливу на мікроорганізми.

Наночастинки MoS_2 є ще однією перспективною платформою завдяки їхній низькій токсичності та фотокаталітичній активності. Імобілізація GS на поверхні MoS_2 дозволяє не лише доставляти антибіотик, а й використовувати такі системи як квантові точки для візуалізації взаємодії з мембраною за допомогою конфокальної мікроскопії.

Наукова новизна та практичне значення роботи полягають у встановленні фундаментальних фізичних механізмів, що визначають кооперативну

поведінку пептидів у складі складних наносистем. Нами вперше доведено, що впровадження АМП у мембрани наноносіїв веде до зміни лінійної натягу та латеральної реорганізації ліпідних доменів (рафтів), що може бути використано для керування мембранною проникністю.

Практична значущість результатів полягає у можливості їх використання в тактичній медицині для створення антисептичних засобів нового покоління для лікування інфекційних ускладнень бойових травм. У гематології завдяки використанню антиагрегаційних та тромболітичних властивостей комплексів GS для профілактики тромбозів. В онкології при розробці антинеопластичних препаратів на основі наноносіїв.

Проведені дослідження підтверджують, що фізичний дизайн наноплатформ – варіація їхнього заряду, морфології та гідрофобності – є ефективним інструментом керування біоактивністю антимікробних пептидів. Інкапсуляція граміцидину S у ліпосомальні та гібридні носії дозволяє значно розширити його терапевтичне вікно, знижуючи гемолітичну дію та посилюючи специфічність щодо мішеней. Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення довготривалої стабільності таких систем та їхньої ефективності в умовах *in vivo*.

Список використаних джерел:

1. Cardoso P., Glossop H., Meikle T.G., Aburto-Medina A., Conn C.E., Sarojini V., Valery C. *Molecular engineering of antimicrobial peptides: Microbial targets, peptide motifs and translation opportunities*. *Biophys. Rev.* 2021. № 13. P. 35–69.
2. Prenner E.J., Lewis R.N.A.H., McElhaney R.N. *The interaction of the antimicrobial peptide gramicidin S with lipid bilayer model and biological membranes*. *BBA - Biomembranes*. 1999. Vol. 1462, issue 1. P. 201-221. [https://doi.org/10.1016/S0005-2736\(99\)00207-2](https://doi.org/10.1016/S0005-2736(99)00207-2)
3. Berest V., Sichevska L., Gorobchenko O., Perepelytsia I., Bozhok G., Skorokhod O. *Lipid Composition of Nanocarriers Shapes Interactions of Cyclic Antimicrobial Peptide Gramicidin S With Their Membranes*. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025. Vol. 26, No. 14. Article: 6946. doi: 10.3390/ijms26146946
4. Vashchenko O. V., Berest V.P., Sviechnikova L.V. et al. *Modifying Membranotropic Action of Antimicrobial Peptide Gramicidin S by Star-Like Polyacrylamide and Lipid Composition of Nanocontainers*. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, No. 16. Article: 8691 doi: 10.3390/ijms25168691
5. Alabedalkarim, N. M., Berest, V. P., Moiseieva, N. M., Bozhok, G. A., & Bondarenko, T. P. *The antimicrobial peptide gramicidin S alters proliferation and inhibits adhesion of L929 cell line fibroblasts*. *Biophysical Bulletin*, 2023. Vol. 49. P. 43-60. <https://doi.org/10.26565/2075-3810-2023-49-04>
6. Wang Y. et al. *Expanding the therapeutic window of gramicidin S*. *Eur. J. Med. Chem.* 2025. Vol. 283. Article: 117128

<https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2024.117128>. 7. Ashrafuzzaman M. The Antimicrobial Peptide Gramicidin S Enhances Membrane Adsorption and Ion Pore Formation Potency of Chemotherapy Drugs. *Lipid Bilayers. Membranes (Basel)*. 2021 Mar 30. Vol. 11, No. 4 Article: 247. 8. Perepelytsia I, Bozhok G, Berest V, Gallo V, Pizzi M, Sichevska L, Skorokhod O. Liposomal Encapsulation Reduces the Cytotoxic Effects of Gramicidin S in Monolayer and Spheroid Fibroblast Cultures. *Antibiotics (Basel)*. 2026 Feb 6. Vol. 15, No. 2. Article: 177. doi: 10.3390/antibiotics15020177.

ВІДВАЛЬНІ ДОМЕННІ ШЛАКИ ЯК СИРОВИННІ КОМПОНЕНТИ ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Хоботова Е.Б., Шевчук В.Е. (м. Харків)

Деякі промислові відходи, наприклад, окремі фракції відвальних доменних шлаків мають певну гідравлічну активність і можуть використовуватися у виробництві будівельних матеріалів [1].

Мета роботи – визначення мінералогічного складу гранулометричних фракцій відвального доменного шлаку ВАТ «Запоріжсталь» і з'ясування можливості утилізації їх в якості компонентів будівельних матеріалів.

Методи дослідження. Розсіювання на гранулометричні фракції проводилось за допомогою набору сит. Виділені фракції, мм: >20, 10–20, 5–10, 2,5–5, 1,25–2,5, 0,63–1,25, <0,63. Мінералогічний склад окремих гранулометричних фракцій визначався за допомогою рентгенофазового аналізу, виконаного на порошковому дифрактометрі Siemens D500 в мідному випромінюванні з графітовим монохроматором [2, 3]. Морфологічні особливості поверхні вивчені методом електронно-зондового мікроаналізу (EPMA) на скануючому електронному мікроскопі JSM-6390 LV з системою рентгенівського мікроаналізу INCA.

Хімічний і мінералогічний склад доменного шлаку. В результаті проведення рентгенофазового аналізу виявлений мінералогічний склад окремих гранулометричних фракцій відвального доменного шлаку ВАТ «Запоріжсталь» (таблиця 1). Розрахований масовий вклад кожної з вказаних мінеральних фаз (%) і середній розмір кристалітів кожної фази (нм). Масовий вклад ранкініту і

окерманіту помітно зменшується зі збільшенням розміру відсіяних зерен, вклад геленіту – трішки збільшується, бредигіт міститься, в основному, у великій фракції. Максимум вмісту псевдоволластоніту приходить на фракцію 2,5–5 мм.

Таблиця 1

Результати фазового аналізу зразків доменного шлаку

Фаза	Фракція < 0,63 мм		Фракція 2,5–5 мм		Фракція > 20 мм	
	Масова частка, %	Середні розміри частинок, нм	Масова частка, %	Середні розміри частинок, нм	Масова частка, %	Середні розміри частинок, нм
3CaO·2SiO ₂ ранкініт	36,1	90	27,6	92	13,7	86
SiO ₂ кварц	6,01	>500	5,5	261	3,3	68
2CaO·Al ₂ O ₃ ·SiO ₂ геленіт	31,8	>500	33,8	>500	41,0	79
α-2CaO·SiO ₂ бредигіт	5,3	57	8,6	81	27,2	73
2CaO·MgO·2SiO ₂ окерманіт	6,9	126	4,6	118	3,4	125
α-CaO·SiO ₂ псевдоволластоніт	13,8	29	19,8	26	11,4	29

Мінеральний склад кристалічної частини відвального доменного шлаку подібний до складу гранульованих шлаків. Сумарний вміст гідравлічно активних мінералів: бредигіту, окерманіту та псевдоволластоніту, досягає максимального значення 42% для фракції >20 мм. Присутність цих мінеральних фаз свідчить про придатність шлаку для виробництва в'язучих речовин.

В таблиці 2 представлені результати розрахунків модулів, що характеризують основність та гідравлічні властивості фракцій, що важливо при їх використанні у будівельній індустрії. Фракції <0,63 мм і >20 мм мають значення M_o вище, ніж верхня межа для кислих шлаків (0,9), тобто по суті ці фракції є нейтральними. Фракція 2,5–5 мм є кислою ($M_o=0,84<1$), що можна зв'язати зі збільшенням вкладу мінералу псевдоволластоніту.

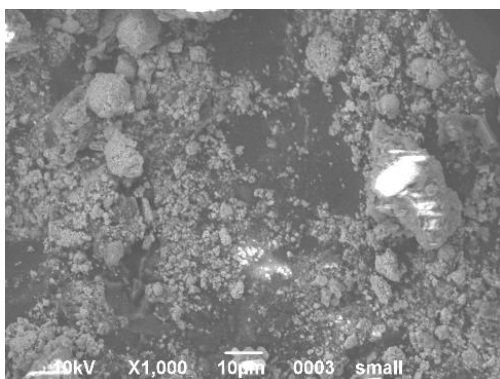
Морфологічні особливості поверхні шлакових частинок. Сорбційна активність поверхні частинок зазвичай визначається морфологічними особливостями їх поверхні і зростає при збільшенні ступеню її розпушення. Для визначення даної обставини зроблені мікрофотографії поверхні зерен фракцій (рис. 1). Поверхня частинок фракції <0,63 мм відрізняється високим ступенем розпушення, вона складається з дрібних кристалів.

Таблиця 2

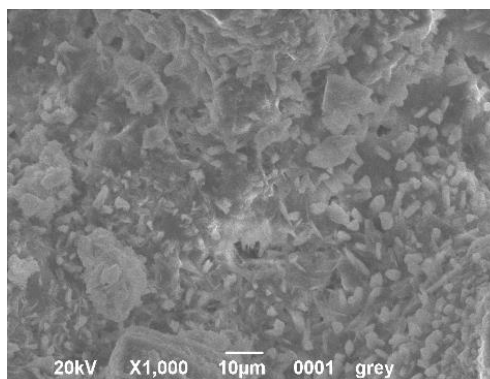
Величина модулів фракцій шлаку

Модулі	Фракція <0,63 мм	Фракція 2,5–5 мм	Фракція >20 мм
Модуль основності $M_o = (CaO + MgO) / (SiO_2 + Al_2O_3)$	$\frac{48}{51,7} = 0,93$	$\frac{44}{52,1} = 0,84$	$\frac{49,9}{50,1} = 1,0$
Модуль активності $M_a = (Al_2O_3) / (SiO_2)$	$\frac{11,9}{39,8} = 0,3$	$\frac{12,6}{39,5} = 0,32$	$\frac{15,3}{34,8} = 0,44$
Модуль силікатний $M_c = (SiO_2) / (Al_2O_3)$	$\frac{39,8}{11,9} = 3,34$	$\frac{39,5}{12,6} = 3,13$	$\frac{34,8}{15,3} = 3,23$
Модуль гідралічний $M_{г\text{ідр}} = \frac{CaO}{SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3}$	0,91	0,83	0,99
Коефіцієнт якості $K = \frac{CaO + MgO + Al_2O_3}{SiO_2 + MnO}$	1,5	1,43	1,87

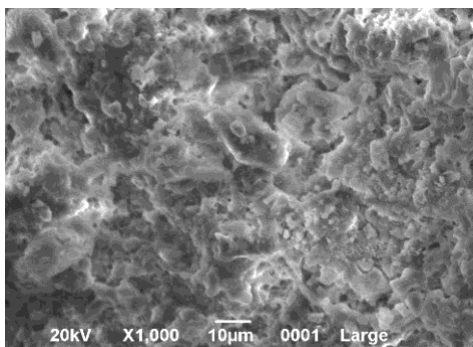
Для фракції 2,5–5 мм характерна присутність голчатих структур, які характеризуються високою сорбційною здібністю. Частинки ж фракції >20 мм мають пластинчасту форму, при якій сорбція здійснюється в меншому ступені.



а



б



В

Рис. 1. Мікрофотографії поверхні частинок доменного шлаку різних фракцій, мм: а – < 0,63; б – 2,5–5; в – > 20 мм. Збільшення – 1000.

Гідравлічна активність шлаку істотно впливає на якість шлакопортландцементу (ШПЦ), що виробляється. Її можна оцінити за допомогою системи модулів та виходячи з мінерального складу.

Чим більше основний модуль, модуль активності, менше силікатний модуль шлаку і чим більше міститься в ньому Al_2O_3 , тим вище хімічна активність і сильніше виражені гідравлічні властивості доменних шлаків (табл. 2). Силікатний модуль сильніше характеризує гідравлічні властивості шлаків, чім основний модуль. По значенню Mo (0,9–1,3) і Mc (2,7–4,1) усі фракції шлаку відносяться до прихованоактивних. Так як основність шлаку не виражена і сумарний вміст Al_2O_3 невеликий, то не можна припускати високої гідравлічної активності. Це підтверджується розрахунком ряду модулів: мала величина модуля активності Ma та гідравлічного модуля $M_{гдр}$, які безпосередньо характеризують гідравлічні властивості.

Оксидний склад доменних шлаків як гідравлічного компонента цементів найчастіше виражається Mo рівним 0,95–1,2 і силікатним модулем $Mc = 1,1–2,0$. Однак залежно від властивостей руд і палива, що застосовуються у виробництві, значення модулів у доменних шлаків можуть коливатися в досить широкому інтервалі: $Mo = 0,65–1,3$ і $Mc = 1,2–7,0$ [4]. Вивчені фракції шлаку укладаються у зазначені межі. Співвідношення основних оксидів фракцій свідчить про їх

гідравлічний потенціал. Вміст кремнезему менше сумарного вмісту СаО та глинозему. Кальцій оксид повністю входить до складу мінералів різної активності.

Щоб судити про гідравлічну активність за хімічним складом нормальноосклованих шлаків різної кислотності, використовують коефіцієнт якості K , що відображає склад найбільш суттєвих компонентів шлаку (таблиця 2). В залежності від значення K доменні шлаки можна класифікувати за гідравлічною активністю на дві групи: перша група – активні шлаки $K > 1,6$; друга група $K \leq 1,6$, до неї відносяться менш активні шлаки. Фракції дослідженого доменного шлаку мають наступні значення K : фракція $< 0,63$ мм – $K = 1,5$; фракція 2,5–5 мм – $K = 1,43$; фракція > 20 мм – $K = 1,87$. Таким чином, обидві дрібні фракції відносяться до другої групи, фракція > 20 мм відноситься до першої гідравлічно більш активної групи.

Використання шлаку як компонента ШПЦ багато в чому визначається гідравлічною активністю його мінералів. Для досліджуваного шлаку характерні мінерали трьох систем. До мінералів системи СаО-SiO₂ відносяться ранкініт 3СаО·2SiO₂, бредигіт α -2СаО·SiO₂ та псевдоволластоніт α -СаО·SiO₂. Ранкініт гідравлічних властивостей не має. Бредигіт та псевдоволластоніт гідратуються та твердіють. Геленіт 2СаО·Al₂O₃·SiO₂ відноситься до потрійної системи СаО-Al₂O₃-SiO₂, не має в'язучих властивостей і знижує якість алюмінатного цементу. Окерманіт виявляє незначну гідравлічну активність. Піроксени не мають гідравлічних властивостей.

Згідно з результатами рентгенофазового аналізу, фракція $< 0,63$ мм на 19% складається з гідравлічно активних мінералів. Низькодисперсна фракція > 20 мм на 38,6% складається з гідравлічно активних мінералів. Крім того, певний внесок у підвищення гідравлічної активності обох фракцій робить шлакове скло (вміст 10–15%). У великій фракції шлаку вміст мінералів із високими гідравлічними властивостями більший. При зниженні вкладу небажаних

мінералів, вклад мінералів з високими гідравлічними особливостями виросло в два рази. M_a збільшився до 0,44 (табл. 2). Це свідчить про ріст гідравлічної активності (55% от максимальної величини M_a для кислих і основних шлаків), яка забезпечується значним вмістом оксиду алюмінію (15,3%). Виходячи з цього, у виробництві ШПЦ можна рекомендувати фракцію > 20 мм. Подрібнення доменного шлаку може суттєво підвищити його гідравлічну активність та призвести до формування прихованої (потенційної) активності.

Використання фракцій шлаку як сировинного компоненту виробництва цементного клінкеру обмежується граничними значеннями силікатного модуля M_c . Фракції досліджуваного шлаку укладаються в дані інтервали (табл. 2). Згідно з класифікацією доменних шлаків за мінеральним складом досліджуваний шлак відноситься до другої найбільш поширеної групи «Шлаки, що не містять алюмінатів». При заміні частини глинистого компонента, що обпалюється, шлаком його гідравлічні властивості практично втрачають своє значення. Найбільш активними виявляються «свіжі» відвальні шлаки із вмістом CaO 32–52% (у досліджуваному шлаку 43–49%) та підвищеним вмістом Al_2O_3 [4].

Глинозем при випалюванні сировинної суміші виділяється у чистому вигляді, у тому числі і з гідравлічно неактивних мінералів, наприклад, геленіту. Окерманит розкладається на C_2S та $\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$ (або C_2S , CaO та MgO). Вплив виділеного MgO залежить від його концентрації. В інтервалі до 3% MgO , що спостерігається в даному випадку, даний мінерал знижує в'язкість розплаву, і це призводить до прискорення утворення C_3S [4].

Висновки

Встановлено варіювання хіміко-мінералогічного складу гранулометричних фракцій відвального доменного шлаку. Доведено наявність у складі шлаку мінералів, цінних у технічному відношенні під час виробництва будівельних матеріалів. Розраховані показники гідравлічної активності

окремих фракцій відвального доменного шлаку. Виявлено значний склад мінералів с високою гідравлічною активністю для частинок розміром > 20 мм.

Відвальний доменний шлак «Запоріжсталь» можна рекомендувати у виробництві в'язучих речовин – портландцементу та шлакопортландцементу, за сукупністю показників: висока концентрація гідравлічно активних мінералів та аморфної фази, високорозвинена поверхня шлакових частинок, наявність сорбційної поверхневої активності.

Список використаних джерел:

1. Коваленко Г.Д. Радіоекологія України: монографія. Х.: ВД "Інжек", 2008. 264 с. 2. JCPDS PDF-1 File. International Committee for Diffraction Data, release 1994. PA, USA. 3. Rodriguez-Carvajal J., Roisnel T. Full Prof.98 and WinPLOTR: New Windows 95/NT Applications for Diffraction. Commission for Powder Diffraction, International Union of Crystallography, Newsletter No.20 (May-August) Summer 1998. 4. Дворкін Л.Й., Лаповська С.Д. Будівельне матеріалознавство. Київ: Кондор, 2017.

**ВПЛИВ ЕРИТРИТОЛУ НА СИНТЕЗ *NOCARDIA VACCINII* ІМВ В-7405
КОМПЛЕКСУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ГІБЕРЕЛІНІВ І
ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН**

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

Вступ. Перспективним напрямом сьогодення є створення інтегрованих технологій одержання комплексних мікробних препаратів для рослинництва. Раніше було встановлено здатність *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405 до одночасного синтезу поверхнево-активних речовин (ПАР) з антимікробною активністю та фітогормонів стимулювальної дії (ауксини, цитокіни, гібереліни). У попередніх дослідженнях було встановлено здатність *N. vaccinii* ІМВ В-7405 синтезувати фітогормональні речовини (ауксини, цитокініни, гібереліни) на різноманітних субстратах, у тому числі й відпрацьованій соняшниковій олії і показано позитивний вплив екзометаболітів штаму на врожайність томатів [1–3]. Не дивлячись на те, що при культивуванні на рафінованій олії, загальна концентрація фітогормонів була найвищою (1124 мкг/л) [2], використання

даного субстрату для одержання мікробних препаратів є обмеженим через високу вартість. Економічно доцільнішим є використання для біосинтезу ПАР відпрацьованої олії, проте сумарна концентрація фітогормонів, синтезованих *N. vaccinii* IMB B-7405 на цьому субстраті, не перевищувала 120 мкг/л [2].

Раніше було встановлено можливість інтенсифікації синтезу фітогормонів ауксинової природи за наявності у середовищі культивування *N. vaccinii* IMB B-7405 екзогенного триптофану (попередник біосинтезу ауксинів) [3].

Оскільки концентрація гіберелінів, синтезованих *N. vaccinii* IMB B-7405, на олієвмісних субстратах є невисокою, що суттєво знижує ефективність використання комплексного препарату у рослинництві, постала необхідність інтенсифікації синтезу цих фітогормонів. Враховуючи позитивні результати щодо впливу триптофану на біосинтез ауксинів [3], припустили, що такий самий прийом (внесення у середовище екзогенного попередника біосинтезу цільового продукту) може бути використаний і для підвищення синтезу гіберелінів.

З літератури [4] відомо, що у більшості бактерій гібереліни утворюються у метил-еритритол-4-фосфатному (МЕФ) шляху. У зв'язку з цим припустили, що попередником синтезу цих фітогормонів може бути еритритол, який входить до складу ключових інтермедіатів МЕФ-шляху.

Зазначимо, що ПАР, як і фітогормони є вторинними метаболітами, склад і властивості яких залежать від умов культивування продуцента. Тому немає гарантії того, що поверхнево-активні речовини, синтезовані за наявності в середовищі культивування еритритолу, будуть характеризуватися необхідними для використання у рослинництві властивостями (антимікробна та антибіоплівкова щодо фітопатогенних бактерій активність).

Мета роботи – дослідити можливість підвищення синтезу фітогормонів гіберелової природи продуцентом поверхнево-активних речовин *N. vaccinii*

ІМВ В-7405 за наявності екзогенного еритритолу у середовищі культивування та визначити вплив еритритолу на біологічні властивості синтезованих за таких умов ПАР.

Матеріали та методи. Культивування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 здійснювали у середовищі з рафінованою або відпрацьованою олією (2 %, об'ємна частка), що містило 100-500 мг/л еритритолу.

Позаклітинні фітогормони виділяли з супернатанту культуральної рідини екстрагуванням етилацетатом при рН 2,5. Одержані екстракти випарювали у вакуумі при 40–45°C. Сухий залишок перерозчиняли у 80%-ому етанолі, переносили у мікропробірки. Отримані екстракти зберігали при температурі – 24°C. Попереднє очищення і концентрування фітогормональних екстрактів (накопичувальна тонкошарова хроматографія) проводили на пластинках із силікагелем марки «Silufol UV₂₅₄» (Chemapol, Чехія) у суміші розчинників, що вводили послідовно: хлороформ, 12,5 % водний аміак, етилацетат: оцтова кислота (20:1). Якісний і кількісний склад гіберелінів аналізували методом високоефективної рідинної хроматографії з використанням рідинного хроматографа Agilent 1200 (Agilent Technologies, США) та мас-спектрометричного детектора Agilent G1956B.

Антимікробну активність поверхнево-активних речовин аналізували за показником мінімальної інгібуючої концентрації (МІК), який визначали методом двократних серійних розведень у м'ясо-пептонному бульйоні. Визначення впливу ПАР на деструкцію біоплівки здійснювали спектрофотометричним методом.

Активність ключових ферментів біосинтезу ПАР і гіберелінів визначали у безклітинних екстрактах, які отримували ультразвуковою обробкою клітин *N. vaccinii* ІМВ В-7405. Активність 2-С-метил-D-еритритол-4-фосфат цитиділтрансферази (КФ 2.7.7.60) – одного з ключових ферментів МЕФ-шляху біосинтезу гіберелінів – визначали за швидкістю утворення лактату, яку

визначали за окисленням НАДН при 340 нм в спряженій реакції з піруваткіназою і лактатдегідрогеназою [5].

Результати та обговорення. Встановлено, що внесення 300–400 мг/л еритритолу у середовище культивування *N. vaccinii* ІМВ В-7405 супроводжувалося підвищенням у 2–14 разів концентрації біологічно активних гіберелінів ГК₃ і ГК₄ порівняно з показниками синтезу у середовищі без попередника. Дані щодо утворення гіберелінів *N. vaccinii* ІМВ В-7405 корелювали з активністю одного з ключових ферментів їх біосинтезу: за наявності еритритолу активність 2-С-метил-D-еритритол-4-фосфат-цитиділтрансферази була в 3–12 разів вищою, ніж у клітинах штаму ІМВ В-7405, вирощеного без попередника.

Зазначимо, що на відміну від достатньо великої кількості публікацій щодо інтенсифікації біосинтезу ауксинів за наявності попередника триптофану [6, 7], нам не вдалося знайти відомості про вплив еритритолу на утворення гіберелінів мікроорганізмами.

За наявності еритритолу спостерігали утворення ПАР з високою щодо фітопатогенних бактерій антимікробною активністю та здатністю до руйнування їх біоплівки. Мінімальні інгібуючі концентрації щодо збудників бактеріозів томатів ПАР, синтезованих за додавання еритритолу в кінці експоненційної фази росту штаму ІМВ В-7405 на відпрацьованій олії, становили 0,8–25 мкг/мл і були нижчими, ніж показники, встановлені для ПАР, утворених без еритритолу (3,13–100 мкг/мл). Деструкція біоплівки фітопатогенних бактерій під впливом ПАР, одержаних за наявності еритритолу у середовищі з відпрацьованою олією була на 8–34 % вищою порівняно з руйнуванням за дії поверхнево-активних речовин, синтезованих без цього попередника.

У літературі є небагато повідомлень про здатність мікробних ПАР руйнувати біоплівки фітопатогенних бактерій. Так, у роботі [8] встановлено, що

ПАР-вмісні супернатанти *Bacillus amyloliquefaciens* A3 та *Bacillus velezensis* A2 руйнували біоплівку *Dickeya dadanti* (збудника гниття батату) на 50–70 %. За дії ліпопептидів *B. amyloliquefaciens* 32a (40–80 мкг/мл) деструкція біоплівки *A. tumefaciens* C58 і B6 становила 67 та 55%, відповідно [9]. Результати наших досліджень показали, що ПАР, синтезовані *N. vaccinii* ІМВ В-7405 за наявності еритритолу, спричиняли деструкцію біоплівок збудників бактеріозів томатів на 50–70 % за значно нижчих концентрацій (12,5–25 мкг/мл).

Показники МІК ПАР *N. vaccinii* ІМВ В-7405, синтезованих за наявності еритритолу, корелювали з активністю НАДФ⁺-залежної глутаматдегідрогенази – ключового ферменту біосинтезу аміноліпідів, відповідальних за антимікробну активність комплексу поверхнево-активних речовин. Важливо, що в клітинах штаму ІМВ В-7405, вирощених за наявності еритритолу, підвищувалася активність НАДФ⁺-залежної глутаматдегідрогенази і знижувалася активність ферментів біосинтезу гліколіпідів, які характеризуються нижчою антимікробною активністю.

Висновки. Отже, в результаті проведеної роботи встановлено можливість інтенсифікації синтезу біологічно активних гіберелінів ГК₃ і ГК₄ *N. vaccinii* ІМВ В-7405 за наявності екзогенного еритритолу у середовищі з рафінованою і відпрацьованою соняшниковою олією. Синтезовані за таких умов культивування ПАР характеризувалися не тільки високою антимікробною активністю щодо фітопатогенних бактерій, а й здатністю до руйнування їх біоплівок. Одержані результати є основою для розробки високоефективної інтегрованої технології біосинтезу поверхнево-активних речовин і фітогормонів для рослинництва.

Список використаних джерел:

1. Leonova N.O., Pirog T.P., Piatetska D.V., Shevchuk T.A., Kharkhota M.A., Iutynska G.O. Synthesis of gibberellins by surfactant producers *Nocardia vaccinii* IMV B-7405, *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 and *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017. Scientific Study & Research: Chemistry & Chemical. 2020. Vol. 21. No. 4. P. 497–509. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/8f610357-4402-49df-b7f3-2cd5afab30da/content>. 2. Piatetska D., Pirog T. Influence of *Nocardia vaccinii* IMV B-7405,

Acinetobacter calcoaceticus IMV B-7241 and *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 exometabolites on the harvest of tomato, pepper and barley. *Scientific Works of NUFT*. 2023. Vol. 29, No. 5. P. 7–20. URL: <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/629c3bbb-262f-4fd5-b012-9bef1626699a/content>. 3. Pirog T., Piatetska D., Leonova N., Shevchuk T. Integrated technology of the surfactants and phytohormones biosynthesis by *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 for their use in crop production. *Ukrainian Food Journal*. 2024. Vol. 13, No. 1. P. 143–161. DOI: 10.24263/2304974X-2024-13-110. 4. Zhao L., Chang W.C., Xiao Y., Liu H.W., Liu P. Methylerythritol phosphate pathway of isoprenoid biosynthesis. *Annual Review of Biochemistry*. 2013. Vol. 82. P. 497–530. <https://doi.org/10.1146/annurev-biochem-052010-100934> 5. Kuzuyama T., Takagi M., Kaneda K., Daiiri T. Seto, H. Formation of 4-(cytidine 5'-diphospho)-2-C-methyl-D-erythritol from 2-C-methyl-D-erythritol 4-phosphate by 2-C-methyl-D-erythritol 4-phosphate cytidyltransferase, a new enzyme in the nonmevalonate pathway. *Tetrahedron Letters*. 2000. Vol. 41. P. 703–706. [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(99\)02143-7](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(99)02143-7). 6. Kumari S., Prabha C., Singh A., Kumari S., Kiran S. Optimization of indole-3-acetic acid production by diazotrophic *B. subtilis* DR2 (KP455653), isolated from rhizosphere of *Eragrostis cynosuroides*. *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. Indole-3-acetic acid production by *Streptomyces fradiae* NKZ-259 and its formulation to enhance plant growth. *BMC Microbiology*. 2019. Vol. 19, No. 1. P. 155. <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1528-1>. 8. Hossain A., Islam Masum M. M., Wu X., Abdallah Y., Ogunyemi S.O., Wang Y., Sun G., Li B., An Q. Screening of *Bacillus* strains in biocontrol of pathogen *Dickeya dadantii* causing stem and root rot disease of sweet potato. *Biocontrol Science and Technology*. 2020. P. 1–19. URL: <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1798356>. 9. Abdallah D.B., Tounsi S., Gharsallah H., Hammami A., Frikha-Gargouri O. Lipopeptides from *Bacillus amyloliquefaciens* strain 32a as promising biocontrol compounds against the plant pathogen *Agrobacterium tumefaciens*. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018. Vol. 25, No. 36. P. 36518–36529. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3570-1>

РУЙНУВАННЯ ДВОВИДОВИХ БІОПЛІВОК ФІТОПАТОГЕНІВ ЗА ДІЇ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *RHODOCOCCLUS* *ERYTHROPOLIS* IMB Ac-5017, СИНТЕЗОВАНИХ У КОМПЛЕКСІ З ФІТОГОРМОНАМИ

Охмакевич А.М., Пирог Т.П. (м. Київ)

Вступ. Однією із проблем сьогодення є використання токсичних агрохімікатів у рослинництві проти фітопатогенів, що спричиняє ризики гострого і хронічного отруєння людини, забруднення екосистем та виникнення резистентних штамів. Фітопатогени, більшість яких утворюють біоплівки, становлять постійну загрозу зниження врожайності сільськогосподарських культур та дестабілізації продовольчої безпеки [1, 2]. Більшість досліджень

щодо біоплівки присвячено вивченню і руйнуванню одновидових біоплівки, проте частіше зустрічаються комбіновані, що характеризуються вищою стійкістю до антимікробних речовин [3]. У доступній нам літературі відсутні дані щодо руйнування двовидових біоплівки фітопатогенів [4]. Бактеріозам сільськогосподарських культур традиційно приділялось менше уваги, ніж грибковим захворюванням [5]. Як сучасну альтернативу хімічним пестицидам розглядають поверхнево-активні речовини (ПАР) мікробного походження завдяки їх нетоксичності, біодеградабельності у поєднанні з антимікробною активністю [6].

У попередніх дослідженнях [7, 8] показано, що ПАР *Nocardia vaccinii* ІМВ В-7405, синтезовані у середовищі з попередниками біосинтезу ауксинів (триптофан) і гіберелінів (еритритол), характеризувались антимікробною активністю щодо фітопатогенних бактерій. Також було встановлено [9], що біологічну активність поверхнево-активних речовин *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017 можна суттєво підвищити внесенням *Saccharomyces cerevisiae* БТМ-1 у різному фізіологічному стані у середовище культивування як біологічного індуктора.

Метою дослідження було визначення ступеня руйнування двовидових біоплівки фітопатогенних бактерій за дії поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованих за наявності дріжджового індуктора та попередників біосинтезу фітогормонів.

Матеріали і методи. Культивування *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 здійснювали у рідкому мінеральному середовищі з етанолом 2% (об'ємна частка), триптофаном (300 мг/л) або еритритолом (400 мг/л). Як індуктор використовували інактивовані клітини *S. cerevisiae* БТМ-1 або відповідний супернатант. Концентрацію позаклітинних поверхнево-активних речовин визначали ваговим методом після екстракції модифікованою сумішшю Фолча. Ступінь руйнування двовидових біоплівки фітопатогенів (%) визначали

спектрофотометрично як різницю між адгезією клітин тест-культур у необроблених і оброблених розчинами поверхнево-активних речовин лунках імунологічного планшету. Як тест-культури під час визначення біологічної активності ПАР використовували штами бактерій *Xanthomonas vesicatoria* УКМ В-1106, *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* ІМВ В-9167 та *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* ІМВ В-10₂ з Української колекції мікроорганізмів та колекції живих культур відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України.

Результати. Встановлено, що внесення інактивованих клітин *S. cerevisiae* БТМ-1 або відповідного супернатанту у середовище з еритритолом або триптофаном супроводжувалось синтезом поверхнево-активних речовин з вищою антибіоплівковою активністю щодо досліджуваних фітопатогенних бактерій порівняно з такою препаратів, синтезованих за аналогічних умов, але без індуктора.

Так, за дії ПАР (1,88 мкг/мл) *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017, синтезованих у середовищі з триптофаном і супернатантом дріжджів, деструкція біоплівки *X. vesicatoria* УКМ В-1106 з *P. syringae* pv. *tomato* ІМВ В-9167 досягала 42%, що на 7,4 та 17,1% вище порівняно з впливом поверхнево-активних речовин, отриманих у середовищі відповідно тільки з супернатантом *S. cerevisiae* БТМ-1 та тільки з попередником біосинтезу ауксинів.

У разі обробки біоплівки *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* ІМВ В-10₂ з *P. syringae* pv. *tomato* ІМВ В-9167 поверхнево-активними речовинами, синтезованими в еритритол-вмісному середовищі з інактивованими клітинами дріжджів, ступінь її руйнування становив 48,5%, що 12,1-27,3% вище, ніж під впливом препаратів ПАР, одержаних у середовищі за наявності тільки дріжджового індуктора та тільки еритритолу.

Висновок. Отже, у результаті проведеної роботи встановлено можливість суттєвого підвищення антибіоплівкової щодо двовидових біоплівок

фітопатогенних бактерій активності поверхнево-активних речовин *R. erythropolis* ІМВ Ас-5017 внесенням інактивованих клітин *S. cerevisiae* БТМ-1 або відповідного супернатанту у середовище з попередниками біосинтезу фітогормонів ауксинової та гіберелінової природи.

Список використаних джерел:

1. Carezzano M.E., Paletti Rovey M.F., Cappellari L.d.R., Gallarato L.A., Bogino P., Oliva M.d.l.M., Giordano W. Biofilm-forming ability of phytopathogenic bacteria: a review of its involvement in plant stress. *Plants*. 2023. Vol. 12, No. 11. P. 2207. <https://doi.org/10.3390/plants12112207>
2. Calefi G.G., Silva N.B.S., Alhatlani B.Y., Abdallah E.M., Martins C.H.G. Harnessing nature's arsenal: sustainable plant-based strategies for phytopathogen control. *Front. Microbiol.* 2025. Vol. 16. Article: 1588462. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1588462>
3. Yuan L., Wang N.I., Sadiq F.A., He G. Interspecies interactions in dual-species biofilms formed by psychrotrophic bacteria and the tolerance of sessile communities to disinfectants. *J. Food Prot.* 2020. Vol. 83. No. 6. P. 951-958. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-396>
4. Pirog T., Okhmakevych A. Effect of surfactants produced by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 on single-and dual-species biofilms of phytopathogenic bacteria. *Ukr. Food J.* 2026. Vol. 15, No. 1. P. 216-232. DOI: 10.24263/2304974X-2026-15-1-16
5. Mulungu E. Unmasking the hidden threat: a review of damage and losses due to phytopathogenic bacteria. *Journal of Current Opinion in Crop Science*, 2024. Vol. 5, No. 4. P. 250-263. <https://doi.org/10.62773/jcocs.v5i4.277>
6. Ashby R.D., Solaiman D.K.Y. Biosynthesis and applications of microbial glycolipid biosurfactants. *Innovative Uses of Agricultural Products and Byproducts*. 2020. Vol. 4. P. 63-82. DOI: 10.1021/bk-2020-1347.ch004
7. Pirog T., Piatetska D., Leonova N., Shevchuk T. Integrated technology of the surfactants and phytohormones biosynthesis by *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 for their use in crop production *Ukr. Food J.* 2024. Vol. 13, No. 1. P. 143-161. DOI: 10.24263/2304974X-2024-13-110
8. Pirog T., Leonova N., Piatetska D., Shevchuk T. Synthesis of biologically active gibberellins and surface-active substances by *Nocardia vaccinii* IMV B-7405 in the presence of erythritol. *Mikrobiol. Z.* 2025. Vol. 87, No. 2. P. 34-46. <https://doi.org/10.15407/microbiolj87.02.034>
9. Okhmakevych A., Pirog T., Kliuchka L. Dependence of biological activity of surfactants synthesized by *Rhodococcus erythropolis* IMV Ac-5017 on physiological state of yeast inducer. *Ukr. Food J.* 2025. Vol. 14, No. 1. P. 111-126. DOI: 10.24263/2304-974X-2025-14-1-11

ПЕПТИДИ В КОСМЕЦЕВТИЦІ

Полова Ж.М., Негода Т.С., Коломієць Я.В. (м. Київ)

Пептиди були введені в космецевтичну промисловість у 1973 році, коли Пікарт визначив синтетичний сигнальний пептид ГНК, який стимулює синтез колагену та функціонує як пептид-носіє у комплексі з іонами міді. Відтоді було розроблено кілька пептидів з потенційним космецевтичним застосуванням, щоб задовольнити зростаючий попит на косметичному ринку [1]. Нові

космецевтичні препарати, включаючи пептиди або білки, що мають біологічні функції, забезпечують суттєвий вплив на красу шкіри та покращення її зовнішнього вигляду. Космецевтичні пептиди пропонують численні переваги проти старіння, такі як сприяння синтезу колагену та еластину, посилення проліферації фібробластів, підвищення зволоженості шкіри та бар'єрної функції, а також зменшення пігментації шкіри, що було підтверджено дослідженнями *in vitro* та *in vivo* [2]. Ці пептиди, які можуть бути отримані з мікроорганізмів, рослин, морських джерел та тварин або можуть бути отримані синтетично, класифікуються на основі їхньої функціональності як сигнальні, переносні, нейромедіаторно-інгібіторні та ферментно-інгібіторні пептиди. Назва сигнальних пептидів походить від здатності імітувати сигнал, що відбувається під час синтезу білків позаклітинного матриксу (ЕСМ). Ці пептиди, що вивільняються ЕСМ та сприяють виробленню колагену, також називаються матрицинами [3]. Сигнальні пептиди проявляють антивікову активність, стимулюючи фібробласти шкіри, що призводить до збільшення вироблення колагену, еластину, фібронектину та глікозаміноглікану. Вони функціонують як фактори росту, активуючи протеїнкіназу С, ключовий фермент, що бере участь у регуляції росту та міграції клітин.

Пептиди-переносники відповідають за транспортування мікроелементів, таких як мідь та марганець, у клітини, що є вирішальними для підтримки клітинної активності та кількох ферментативних процесів. Багато ферментів працюють залежно від міді. Супероксиддисмутаза, значний антиоксидант, який протидіє вільним радикалам, що сприяють старінню шкіри шляхом пошкодження колагену, потребує міді як кофактора. Лізілоксидаза, яка відіграє вирішальну роль у виробленні колагену та еластину, також є мідьзалежним ферментом. Мідь також є кофактором для ферментів цитохром-с оксидази та тирозинази, які важливі для догляду за шкірою. Трипептид гліцил-L-гістидил-L-лізин (GHK), який є типовим прикладом цих пептидів, спонтанно утворює

комплекс з міддю, сприяючи поглинанню цього елемента клітинами. Отриманий комплекс GHK-мідь стимулює синтез колагену фібробластами та підвищує рівень MMP-2 та тканинних інгібіторів металопротеїназ (TIMP) 1 та 2. Отже, він сприяє ремоделюванню дермальної тканини. З іншого боку, було показано, що трипептид GHK окремо посилює вироблення колагену. Цей трипептид, що міститься в альфа-II ланцюзі людського колагену, вивільняється з колагенової спіралі у відповідь на пошкодження або запалення та стимулює синтез нового колагену. Хоча GHK окремо є ефективним сигнальним пептидом, його використання як комплексу з мідним пептидом вважається більш ефективним.

Пептиди, що інгібують ферменти, можуть прямо або опосередковано пригнічувати ферменти, такі як MMP, що сприяють старінню шкіри шляхом руйнування колагену та інших білків позаклітинного матриксу (ECM). Соеві олігопептиди, рисові пептиди та пептиди фіброїну шовку – це пептиди, що інгібують ферменти, що використовуються в космецевтиці.

Пептиди фіброїну шовку отримують з шовкопряда та зазвичай складаються з амінокислот гліцину, аланіну, серину та тирозину [4]. Серицин, водорозчинний компонент шовку, містить поліпептиди з молекулярною масою 60–130 кДа та високою часткою гідроксильних, карбоксильних та аміногруп. Фіброїн шовку, основний компонент шовку, складається з поліпептидів з молекулярною масою 25–350 кДа, а його амінокислотний склад в основному складається з гліцину, аланіну, серину та тирозину. Різноманітність амінокислотного вмісту серицину відповідає за його властивості поглинання вільних радикалів, антитирозидазну активність та стимуляцію проліферації клітин.

Розробка передових продуктів на основі пептидів пропонує численні вражаючі переваги для косметичної промисловості, але також створює різні проблеми. Одним із питань, яке необхідно враховувати, є забезпечення

збереження як структурної стабільності, так і біоактивності пептидів під час виробництва та зберігання продуктів. Важливо зазначити, що на пептиди можуть суттєво впливати різні фактори, такі як рН, температура та взаємодія з іншими активними інгредієнтами. З іншого боку, пептиди з відносно високою молекулярною масою та гідрофільними властивостями стикаються зі значними труднощами при проникненні в роговий шар шкіри. Для посилення антивікової дії пептидів шляхом полегшення їх проникнення в шкіру використовуються різні стратегії. Ці підходи можна розділити на фізичні та хімічні методи посилення проникнення, хімічні модифікації структури пептидів для надання ліпофільних властивостей та передові стратегії формулювання.

Список використаних джерел:

1. Draelos Z.D. *Cosmeceuticals*. In: Alam M., ed. *Evidence-based procedural dermatology*. Springer; Chur, Switzerland: 2019.
2. Gupta V., Mohapatra S., Mishra H., Farook U., Kumar K., Ansari M.J., Aldawsari M.F., Alalaiwe A.S., Mirza M.A., Iqbal Z. *Nanotechnology in cosmetics and cosmeceuticals — a review of recent advances*. *Gels*. 2022. Vol. 8. Article: 173.
3. Errante F., Ledwon P., Latajka R., Rovero P., Papini A.M. *Cosmeceutical peptides within the framework of sustainable wellness development*. *Front. Chem.* 2020. Vol. 8. Article: 572923. doi: 10.3389/fchem.2020.572923.
4. Lima T.N., Moraes K.A.P. *Bioactive peptides: applications and relevance to cosmeceuticals*. *Cosmetics*. 2018. Vol. 5. Article: 21.

РОЗРОБКА ГЕЛІВ НА ОСНОВІ ГІДРОКСИЕТИЛЦЕЛЮЛОЗИ, ЩО МІСТЯТЬ ШТАМИ ЛАКТОБАКТЕРІЙ

Полова Ж.М., Негода Т.С., Трубіцина С.А. (м. Київ)

Шкіра є найбільшим органом людського тіла; цей факт робить її тканиною, схильною до травм та пошкоджень, що має значний вплив на людину та систему охорони здоров'я в процесі лікування та реабілітації [1]. Основна функція шкіри полягає в захисті внутрішніх органів, запобіганні потраплянню мікроорганізмів та шкідливих агентів, які можуть бути шкідливими для здоров'я, а також захисті від втрати води та ультрафіолетового випромінювання [2, 3]. Безперервна втрата шкіри може бути спричинена різними ситуаціями, такими як фізичні,

хімічні, механічні, судинні, інфекційні, алергічні, термічні травми або навіть хірургічні розрізи [4].

Оскільки це орган, який сильно піддається впливу різних зовнішніх факторів, багато випадків інфекцій шкіри та м'яких тканин спричинені так званими патогенами ESKAPE (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* та види *Enterobacter*), які належать до бактерій, стійких майже до всіх поширених антибіотиків. Серед них *S. aureus* та *P. aeruginosa* зазвичай виділяються з хронічних ран і спричиняють підвищення стійкості до місцевих антибіотиків, завдаючи серйозної шкоди закладам охорони здоров'я.

Невибіркове використання антибіотиків призвело до високого рівня бактеріальної резистентності, що створює ризик для якості здоров'я людини, посилює клінічні стани, які важко лікувати, та ризик госпітальних інфекцій, що вважається проблемами громадського здоров'я. Більше того, побічні ефекти традиційних методів лікування та вартість лікування інфікованих ран підвищують актуальність розробки нових місцевих засобів. Таким чином, штами лактобактерій широко використовуються для загоєння ран, зменшення рубців, а також лікування інфекцій *in vitro* та *in vivo*. У цьому контексті місцеве застосування лактобактерій було запропоновано як нову альтернативу для лікування ран завдяки їхнім імуномодуючим та загоювальним здібностям, а також прояву антагоністичної дії проти патогенів шляхом конкурентного виключення.

Для транспортування цих пробіотиків існує кілька носіїв або фармацевтичних препаратів, таких як креми, гелі, крем-гелі, мазі. Вибір носія здійснюється відповідно до специфікацій, щоб гарантувати життєздатність бактерій (як пробіотичного продукту) та стабільність продукту, при цьому необхідно враховувати такі фактори, як хімічна та фізична стабільність

препарату, належне збереження від мікробного забруднення та однорідність використаного активного інгредієнта.

Гелі на основі полісахаридів, такі як гелі з целюлози та її похідних, використовуються для розробки загоювальних препаратів завдяки їхній високій біосумісності та адсорбційній здатності, що сприяє вологому середовищу для рани. Прикладом є натросол, гель на основі гідроксиетилцелюлози з неіонними характеристиками, біорозкладністю та біосумісністю. Цей недорогий розчинник може переносити широкі коливання рН, крім того, що вже продемонстрував загоювальну активність. Таким чином, включення штамів лактобактерій з антимікробною активністю до гелю натросол є цікавою альтернативою для лікування інфікованих ран.

Отже, метою цього дослідження була розробка місцевих препаратів з пробіотиками для лікування ран. Для цього було проведено скринінг антимікробної дії чотирьох штамів лактобактерій (*Lacticaseibacillus rhamnosus* ATCC 10863, *Limosilactobacillus fermentum* ATCC 23271, *Lactiplantibacillus plantarum* ATCC 8014 та *Lactiplantibacillus plantarum* LP-G18-A11) щодо *E. Faecalis* ATCC 29212, *K. pneumoniae* ATCC 700603, *S. aureus* ATCC 27853 та *P. aeruginosa* ATCC 2785. Штам з вищим інгібуючим потенціалом був обраний для створення гелю. Гель, що містив 5% *L. plantarum* LP-G18-A11, був підданий центрифугуванню. Гель залишався незмінним протягом усіх трьох циклів центрифугування, без фазового розділення, зміни кольору або такої ж зміни кольору та запаху. Для приготування гелю гідроксиетилцелюлозу використовували як загусник, що відповідає за в'язкість препарату та має неіонні характеристики. Гліцерин використовували як зволожувальний агент, щоб запобігти втраті води продуктом у зовнішнє середовище.

Список використаних джерел:

1. Sagazadeh S., Rinoldi C., Shot M., Kashaf S.S., Sharifi F., Jalilian E., Nuutila K., Giatsidis G., Mostafalu P., Derakhshandeh H. et al. Drug delivery systems and wound healing materials. *Adv. Drug Deliv. Rev.* 2018. Vol. 127. P. 138–166. 2. Kobayashi T., Naik S., Nagao K. The choreography of immunity in the skin's epithelial barrier. *Immunity.* 2019. Vol. 50. P. 552–565. 3. Larsen S.B.,

Cowley K.J., Fuchs E. Epithelial cells: links to immunity. Curr. Opin. Immunol. 2020. Vol. 62. P. 45–53. 4.Rodriguez M., Kosarik N., Bonem K.A., Gurtner G.K. Wound healing: a cellular perspective. Physiol. Rev. 2019. Vol. 99. P. 665–706.

МОРСЬКІ ВОДОРОСТІ В КОСМЕЦЕВТИЦІ

Полова Ж.М., Негода Т.С., Кривенда Д.В. (м. Київ)

В останні роки вміст натуральної або органічної сировини привернув велику увагу в косметичній промисловості. Значну частину натуральної сировини можна отримати з різних частин рослин, таких як стебла, квіти, листя, плоди та коріння. Однак в органічному сільському господарстві повільні темпи росту рослин та обмежені ресурси орних земель обмежують переробку рослинної сировини. З іншого боку, різноманітність середовищ існування та організмів океанів, сучасні методи аквакультури та біотехнологічні методи, що використовуються для отримання морської сировини, зробили морські ресурси важливими для косметичної промисловості. Використання існуючих морських ресурсів є важливим не лише з економічної точки зору для країн з морськими або океанічними узбережжями, але й завдяки обізнаності сучасних споживачів про охорону навколишнього середовища та використання стійких джерел енергії, а також їхньому інтересу до натуральної космецевтики [1, 2].

Наприклад, колаген є важливим біоактивним інгредієнтом, який отримують з промисловості з переробки великої рогатої худоби та свиней для використання в косметичних продуктах. Однак, окрім таких проблем, як висока вартість, обмежена доступність, потенціал для викликання імунних реакцій та ризик енцефалопатії при отриманні колагену з тваринних джерел, різні релігійні переконання також обмежують використання тваринного колагену. Той факт, що не було зареєстровано жодних інфекційних захворювань, пов'язаних з колагеном та подібними сполуками, отриманими з морських рослин і тварин, та відсутність релігійних обмежень на їх використання, підвищили інтерес до цієї морської сировини. Зростаючий інтерес споживачів до екологічно чистих

продуктів, що містять натуральні, безпечні та ефективні інгредієнти, є ще однією причиною збільшення виробництва косметичної продукції, виготовленої з використанням морської сировини, та наукових досліджень з цього питання. Океани та моря містять широке розмаїття екологічно чистих рослин, риб, моллюсків та мікроорганізмів. Космецевтичне використання натуральних продуктів, отриманих з морських джерел, набуло значення завдяки їхньому потенціалу як перспективного джерела активних сполук з антивіковим ефектом. Крім того, морські полісахариди цінні для їх використання як біополімерів, що сприяє гелеутворенню в косметичних рецептурах.

Водорості, також відомі як морські водорості, є еукаріотичними організмами. Вони можуть бути як у макроформі (червоні та бурі водорості; види *Rhodophyta* та *Ochrophyta* відповідно), так і в мікроформі (зелені водорості; види *Charophyta*). Сині та зелені види водоростей (відомі як ціанобактерії) також вважаються прокаріотичними організмами.

Морські водорості (червоні та коричневі макроводорості) – це фотоавтотрофні водні організми з багатоклітинними властивостями, що мешкають у прибережних районах. Вони мають здатність до фотосинтезу, що дозволяє їм метаболізувати енергію для своїх фізіологічних процесів. Вони багаті на поліфеноли, стеролів, алкалоїдів, флавоноїдів (флоротанінів), білків та незамінних амінокислот. Також з цих водоростей можна екстрагувати поліненасичені жирні кислоти, вітаміни та мінерали, мікоспориноподібні амінокислоти (МАО), цукри, біополімери, такі як альгінат та карагенан, та пігменти, такі як хлорофіли, ксантофіл, β -каротиноїди та фукоксантин.

З іншого боку, мікроводорості – це невеликі одноклітинні або прості багатоклітинні види, які зустрічаються в різних середовищах і можуть культивуватися за допомогою різних біотехнологічних методів, таких як дезоксидація та генна інженерія. Вони демонструють високі антиоксидантні властивості завдяки своїм активним інгредієнтам, таким як астаксантин, β -

каротин, аскорбінова кислота та токоферол. Також з цих водоростей можна синтезувати хлорофіли, ліпіди та жирні кислоти. Весь цей вміст морських водоростей робить їх цінними у фармацевтичній, харчовій, сільськогосподарській та косметичній промисловості.

Екстракти водоростей або інгредієнти з водоростей можна використовувати для захисту шкіри та проти TEWL. З іншого боку, морські водорості вважаються багатими на поживні речовини продуктами, оскільки вони містять харчові волокна, білок, незамінні амінокислоти, поліфеноли, вітаміни та мінерали. Вони багаті на вітаміни (A, B₁, B₂, B₉, B₁₂, C, D, E, K) та необхідні мінерали (кальцій, залізо, йод, магній, фосфор, калій, цинк, мідь, марганець, селен, фтор), які необхідно вживати щодня. Весь цей вміст робить їх корисним вибором для харчування та, отже, нутрикосметики.

Наприклад, гігантська ламінарія (*Macrocystis pyrifera*; *Phaeophyceae*), яка містить багато необхідних вітамінів, мінералів та незамінних жирних кислот, таких як омега-3 та омега-6, є бурою водорістю, що зустрічається в морських районах. Ламінарія використовується як загусник у косметиці завдяки вмісту фікоколоїдів. Вміст флоротаніну (флороекол та тетрамерний флороглюцинол) має антиоксидантну активність та захист від ультрафіолетового випромінювання. Повідомляється, що ламінарія ефективно сприяє регенерації клітин та здоров'ю шкіри. Крім того, екстракти ламінарії діють як засіб для засмаги та стимулюють активність тирозинази.

Іншим прикладом є *Fucus vesiculosus* (*Phaeophyceae*), бурі морські водорості, які мають здатність стимулювати експресію гемоксигенази-1 (HO-1). Таким чином, вони усувають вироблення гемоксигенази на шкірі, видаляючи катаболіти гемоксигенази. Екстракти фукуса можуть стимулювати вироблення колагену, і тому вони можуть допомогти зменшити дрібні зморшки. Екстракти фукуса використовуються для зменшення появи «мішків під очима» та темних

кіл на шкірі під очима завдяки своїм протизапальним та антиоксидантним властивостям.

Родина червоних водоростей (*Rhodophyta*) містить різні види карагенану. Тому завдяки вмісту карагенану його широко використовують у місцевих препаратах, зубній пасті, тоніках для волосся, милі та сонцезахисних кремах. Біоактивні сполуки видів *Chlorophyta* також використовуються в косметичній промисловості. *Chondrus crispus* (червоні водорості), *Laminaria saccharina* (бурі водорості), *Ascophyllum nodosum* (бурі водорості) та *Asparagopsis armata* (червоні водорості) є одними з косметично важливих видів. *Chondrus crispus* зволожує шкіру завдяки високій кількості полісахаридів та мінералів, тоді як екстракти *Ascophyllum nodosum* та *Asparagopsis armata*, з іншого боку, ефективні при почервонінні шкіри. Вони допомагають знизити рівень фактора росту судинного ендотелію (VEGF), який пов'язаний з розширеними капілярами, що призводить до дуже чутливої почервоніння шкіри.

Однією з найвідоміших морських мікроводоростей є *Chlorella*. Її екстракт багатий на білки і тому може бути використаний як фактор росту, має протизапальну та ранозагоювальну дію, антиоксидант і пом'якшувальний засіб. Інша зелена водорість, *Dunaliella*, містить велику кількість каротиноїдів. Вид *Dunaliella* живе в екстремальних умовах навколишнього середовища, які характеризуються високою солоністю, низьким рН, високою опроміненістю та мінусовими температурами. Однак його також можна культивувати у великих відкритих ставках для харчової промисловості. Вміст поліненасичених жирних кислот, олії та каротиноїдів робить *Dunaliella* цінною для харчової та косметичної промисловості.

Список використаних джерел:

1. Prajaputra V., Isnaini N., Maryam S., Ernawati E., Deliana F., Haridi H.A., Fadli N., Karina S., Agustina S., Nurfadillah N. et al. Research on marine collagen: sustainable sources, extraction methods and applications in cosmetics. *S. Afr. J. Chem. Eng.* 2024. Vol. 47. P. 197-211.
2. Rotter A., Barbier M., Bertoni F., Bones AM, Cancela ML, Carlsson J., Carvalho MF, Ceglowska M., Chirivella-Martorell J., Conk Dalay M., et al. Fundamentals of marine biotechnology. *Front. Mar. Sci.* 2021. Vol. 8. Article: 629629.
3. Kuto K., Koifard L. *Phytocosmetics and other marine cosmetics:*

specialised cosmetics developed using marine resources. Mar. Drugs. 2020. Vol. 18. Article: 322. doi: 10.3390/md18060322. 4. Alparslan L., Sekeroğlu N., Kijoa A. The potential of marine resources in cosmetics. Curr. Pers. MAPs. 2018. Vol. 2. P. 53–66. doi: 10.38093/cupmap.488904. 5. Resende DISP, Ferreira M., Magalhães C., Sousa Lobo JM, Sousa E., Almeida IF Trends in the use of marine ingredients in anti-ageing cosmetics. Algal Res. 2022. Vol. 55. Article: 102273.

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИКІВ У КОСМЕЦЕВТИЦІ

Полова Ж.М., Негода Т.С., Прокопович Д.С. (м. Київ)

Покращення стану та зовнішнього вигляду шкіри шляхом балансування мікробіоти шкіри – це стратегія, яка набула значної популярності та широкого розгляду в останні роки. Однак до заяв про «балансування мікробіоти» в космецевтиці, що містить біотики, слід ставитися з обережністю. Оскільки не існує єдиного типу здорової мікробіоти шкіри, вимоги до «балансування» мікробіоти людини не є однозначними. Продукт, який обіцяє «балансувати» мікробіоту, повинен бути розроблений на основі широких клінічних досліджень за участю сотень здорових добровольців. Враховуючи, що ймовірність проведення таких досліджень для більшості продуктів, які обіцяють балансувати мікробіоту, дуже низька, використання цього твердження є недоречним, оскільки воно може створювати хибне сприйняття серед споживачів.

Для того, щоб продукт міг бути позначений як такий, що «містить пробіотики», він повинен містити живі пробіотики протягом усього терміну придатності. Однак дослідження показали, що все більша кількість продуктів на ринку, які нібито містять пробіотики, насправді складаються переважно з постбіотиків та пребіотиків, а не з живих бактерій, через труднощі зі збереженням життєздатності пробіотиків. Така ситуація призводить до плутанини та неправильного тлумачення серед споживачів. Збереження життєздатності пробіотиків у косметичці від виробництва до використання споживачами є значним викликом для косметичної промисловості. Вибір

відповідного носія може забезпечити корисний підхід до подолання цієї проблеми. Вплив таких носіїв, як емульгелі, органогелі та гідрогелі, на життєздатність пробіотиків оцінювали кілька дослідників. Sharma et al. (2021) розробили місцеву емульгельну формулу, що містить *Bacillus coagulans*, для досягнення збереження життєздатності пробіотиків. Вони повідомили, що їм вдалося успішно сформулювати емульгель, який зберігає життєздатність пробіотиків, забезпечує проростання та проявляє ранозагоювальні властивості. Letocha та ін. (2024) досліджували потенціал використання органогелів як носіїв для захисту пробіотиків від стресових умов та збереження їхньої життєздатності. Вони дійшли висновку, що формулювання інкапсульованих штамів *Lactobacillus casei* в органогелі є перспективним підходом для підтримки життєздатності пробіотиків.

Сублімаційне сушіння (ліофілізація) – ще один поширений метод збереження життєздатності пробіотичних штамів. Найчастіше використовувані кріопротектори в цьому методі включають трегалозу, глюкозу, сахарозу, лактозу, гліцерин, поліетиленгліколь та знежирене молоко. Однак ці кріопротектори не завжди сумісні з фізико-хімічними властивостями косметичного продукту. Крім того, залежно від типу використовуваного кріопротектора, кінцева життєздатність пробіотика в продукті може змінюватися. Під час процесу ліофілізації слід уникати контакту пробіотичних штамів з водою. Наявність вологи може призвести до регідратації висушених організмів, що призведе до проліферації або загибелі. Тому використання препаратів на масляній основі може розглядатися як потенційне рішення. Важливим питанням у цьому випадку є те, чи можуть пробіотики легко вивільнятися з масляної форми при нанесенні на шкіру та чи можуть вони стати метаболічно активними для досягнення бажаного ефекту.

Іншим підходом до збереження та продовження життєздатності пробіотиків є їх мікроінкапсульювання в полімерні або ліпідні частинки. У

дослідженні, що оцінювало ефективність процесу мікроінкапсулювання у збереженні життєздатності пробіотичних бактерій у косметичних продуктах та запобіганні їх інактивації консервантами, що зазвичай використовуються в них, були отримані альгінатні мікросфери, що містять *Lactobacillus casei*. Було показано, що процес мікроінкапсулювання всередині альгінатних мікросфер захищає пробіотики від таких факторів, як температура, ультрафіолетове випромінювання та антимікробні консерванти. Отже, вони підвищують життєздатність корисних бактерій.

Ще однією важливою проблемою, з якою стикаються під час розробки косметичних продуктів на основі пробіотиків, є наявність антимікробних консервантів як інгредієнтів. Косметичні продукти не є стерильними, але вони повинні відповідати мікробіологічним вимогам якості та не містити певних мікроорганізмів, таких як *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* та *Candida albicans*. Через це вони зазвичай містять антимікробні консерванти для запобігання мікробному забрудненню та росту. Однак ці консерванти також можуть негативно впливати на життєздатність пробіотичних штамів.

Безпека косметичного продукту та його інгредієнтів є обов'язковою вимогою згідно з правилами ЄС щодо косметики. Тому безпеці пробіотиків як інгредієнта слід надавати пріоритет. Наразі немає конкретних рекомендацій щодо комерціалізації пробіотиків або продуктів, що містять пробіотики. Відсутність регуляторних рекомендацій, які б визначали вимоги до виробництва, створює значну проблему в оцінці якості продуктів на основі пробіотиків. Необхідно розробити та адаптувати оцінку безпеки, спеціально розроблену для косметики на основі пробіотиків. Необхідні додаткові дослідження для підтвердження безпеки, ефективності та механізму дії косметичних продуктів, що містять пробіотики. З іншого боку, косметичні продукти повинні мати мікробний вміст менше 500 колонієутворюючих

одиниць (КУО)/г для продуктів для області навколо очей та менше 1000 КУО/г для інших продуктів з точки зору безпеки. Високий вміст колонієутворюючих одиниць у космецевтиці, що містить пробіотики, створює проблему в забезпеченні відповідності цих продуктів нормативним вимогам щодо мікробного навантаження, встановленим законодавчими органами.

Використання постбіотиків замість пробіотиків у формулюванні космецевтичних засобів на біотичній основі, призначених для регулювання мікробіоти шкіри, можна розглядати як альтернативний підхід, який пропонує потенційне рішення вищезазначених проблем. Хоча постбіотики забезпечують аналогічні переваги для шкіри, як і пробіотики, вони безпечніші через те, що вони не є життєздатними та не розмножуються. Крім того, постбіотики мають переваги над пробіотиками, такі як краща стабільність під час виробництва та зберігання, а також довший термін придатності

Список використаних джерел:

1. Puebla-Barragán S., Reed G. Probiotics in cosmetics and personal care products: trends and challenges. Molecules. 2021. Vol. 26. Article: 1249. doi: 10.3390/molecules26051249. 2. Shirhan F., Safai F., Mirdamadi S., Zandi M. The role of probiotics in skin care: achievements, challenges and future needs. Probiotics Antimicrob. Proteins. 2024. Vol. 16. P. 2132–2149. 3. Giseni E., Dodov M. G. Probiotics in dermatological and cosmetic products – applications and efficacy. Maced. Pharm. Bull. 2022. Vol. 68. P. 9–26.

ПРОБІОТИЧНІ БАКТЕРІЇ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Полова Ж.М., Негода Т.С., Хоменко А.М. (м. Київ)

Молочнокислі бактерії (МКБ) являють собою гетерогенну групу бактерій, виділених з ферментованих харчових продуктів, тварин, рослин та кишечника ссавців, які мають багато властивостей, що сприяють здоров'ю. Пробіотики з антагоністичними властивостями проти патогенів людини та харчових бактерій привернули значну увагу наукової спільноти. Спеціальний огляд, присвячений пробіотичним бактеріям рослинного походження та їх антагоністичним властивостям, не був всебічно розглянутий. Таким чином, цей огляд мав на меті

надати загальний огляд ізолятів МКБ, отриманих з кількох нетрадиційних джерел, таких як фрукти, насіння, м'якоть фруктів, листя, коріння, овочі, трави та квіти, а також їхні антибактеріальні, протигрибкові та противірусні властивості.

Ми маємо на меті розглянути антимікробні властивості різних родів: *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Weissella*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Bacillus* та *Fructobacillus*, їхні постбіотики та парабіотики. Кілька важливих механізмів, включаючи секрецію бактеріоцинів, бактеріоциноподібних речовин, реутерину, органічних кислот (молочної та оцтової), пептидів, екзополісахаридів та перекису водню, пояснюються їхньою антимікробною дією проти патогенів. Однак їхній точний механізм дії погано вивчений; тому необхідні подальші дослідження для виявлення детальних механізмів.

Молочнокислі бактерії (МКБ) – це грампозитивні, нерухомі бактерії паличкоподібної та кокової форми, які природним чином присутні в кількох харчових продуктах та продуктах харчування, а також у нехарчових джерелах, таких як ґрунт, рослини та кишечник ссавців [1, 2]. Ці мікроорганізми ростуть у мікроаерофільних або анаеробних середовищах та є кислотостійкими за своєю природою [3]. Спільною їхньою характеристикою є вироблення молочної кислоти як єдиного продукту під час ферментації вуглеводів. Пробіотичні МКБ загалом вважаються безпечними (GRAS), і, на думку експертів Міжнародної наукової асоціації пробіотиків та пребіотиків (ISAPP), вони перевизначаються як «живі мікроорганізми, які при введенні в адекватних кількостях надають користь здоров'ю хазяїна» [4]. Прикладами найвідоміших пробіотичних штамів є роди *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Weissella*, *Enterococcus*, грибок роду *Saccharomyces* та спороутворюючі роди *Bacillus*, *Sporolactobacillus* та *Brevibacillus*. Ці пробіотичні ізоляти з різних джерел можна класифікувати як звичайні або наступного покоління, залежно від їх походження, розробки, безпеки, специфічності штаму, застосування та

регуляції. Прикладами пробіотиків наступного покоління є *Akkermansia*, *Bacteroides*, *Christensenella*, *Faecalibacterium*, *Prevotella*, *Roseburia* та інші.

Згідно зі статистикою Grand View Research за 2026 рік, очікується, що ринок пробіотиків демонструватиме щорічне зростання на 14,1% з 2024 по 2030 рік, з прогнозованим доходом у 220,2 мільярда доларів США у 2030 році. У 2025 році розмір ринку пробіотиків оцінювався в 99,97 мільярда доларів США. Пробиотики пропонують привабливий варіант для розробки функціональних продуктів харчування, оскільки, як задокументовано, вони мають багато корисних для здоров'я властивостей, включаючи покращення здоров'я шлунково-кишкового тракту, підвищення імунітету організму, покращення стану ожиріння та кардіометаболічного здоров'я, регуляцію кишкової мікробіоти, профілактику та лікування діабету та раку, а також покращення стану нейродегенеративних захворювань. Окрім пробіотиків, інші функціональні атрибути представляють собою використання нежиттєздатних організмів, відомих як парaproбіотики, вторинних метаболітів рослин як пребіотиків та позаклітинних метаболітів, відомих як постбіотики. Загалом, пробіотики для перорального застосування, що продаються, походять з людських джерел; проте продукти харчування, особливо ферментовані природним шляхом, також містять нативні пробіотичні мікроби.

Загальновизнано, що антибактеріальна активність пробіотичних бактерій є важливою характеристикою пробіотиків. Однак антимікробна властивість пробіотичних LAB походить від штамів, виділених та очищених з ферментованих харчових продуктів. Рослини забезпечують природний дім для численних мікробів, включаючи корисні пробіотики. Інформація про пробіотичні LAB рослинного походження та їхні антимікробні властивості є недостатньою та не зібрана систематично.

Ці корисні мікроби переважно відіграють важливу роль у безпеці, продовженні терміну придатності, смаку та ароматі кількох продуктів,

протеолітичній активності та виробництві вітамінів, полісахаридів та антимікробних сполук.

Оцінка антимікробної активності проти патогенів є вирішальним фактором у виборі потенційних пробіотичних штамів. Ця функціональність LAB діє як контрольний пункт для цілісності харчового продукту, запобігаючи псуванню їжі та забезпечуючи безпеку споживачів. Пробіотики LAB, як відомо, виділяють різноманітні біоактивні сполуки; більшість з них, як повідомлялося, діють як антимікробні засоби

Список використаних джерел:

1. Sharma A., Lee S., Park Y.-S. Molecular typing tools for the identification and characterisation of lactic acid bacteria: a review. *Food Sci. Biotechnol.* 2020. Vol. 29. P. 1301–1318. 2. da Silva TF, Glória RdA, Americo MF, Freitas AdS, de Jesus LCL, Barroso FAL, Laguna JG, Coelho-Rocha ND, Tavares LM, le Loir Y., et al. Unlocking the potential of probiotics: A comprehensive review of probiotic research, production and regulation. *Probiotics & Antimicrobial Proteins.* 2024. Vol. 16. P. 1687–1723. 3. Shukat S. Potential anticarcinogenic effect of probiotic and lactic acid bacteria in the detoxification of benzo[a]pyrene: a review. *Trends Food Sci. Technol.* 2020. Vol. 99. P. 450–459. 4. Cai Y.-L., Lin T.-L., Chang K.-J., Wu T.-R., Lai W.-F., Lu K.-K., Lai H.-K. Probiotics, prebiotics and disease management. *J. Biomed. Sci.* 2019. Vol. 26. Article: 3

**ГРАВІМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ І
СПІВВІДНОШЕНЬ МАСИ СКЛАДОВИХ У СИСТЕМАХ ТИПУ
«СЕРЕДОВИЩЕ – РЕЧОВИНА»**

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

Максимюк Г.В. (м. Львів)

Сучасні складні та високовартісні методи експериментальних досліджень, результатами яких оцінюють особливості змін кількісного і якісного складу тканин, рідин і секретів органів людини, тварин, рослин за дії екзо- та ендогенних факторів [1, 6, 7], не завжди дозволяють об'єктивно дослідити особливості змін фізико-хімічних процесів, що відбуваються у відкритих і закритих системах типу «середовище – речовина» після їх шкідливої дії. З цього приводу дослідникам різного профілю пропонуємо технічно просту і дешеву методику визначення особливостей вмісту та співвідношень маси пар

складових у зразках біологічного походження. Задіяні в експеримент прийоми, засоби і способи розв'язку поставлених завдань [2–5] дозволяють отримувати об'єктивні показники, якими оцінюють зміни гомеостазу складових у системах типу «середовище – речовина».

Апробовані і впроваджені в експеримент процедури методики визначення й методології аналізу одержаних результатів дозволяють: визначати параметри рівноважного стану маси і концентрації органічних та неорганічних речовин, застосовувати їх для вирішення існуючих проблем у різних галузях біології, медицини і ветеринарії та економити витрати коштів і матеріальних ресурсів на лікування тварин і людей.

Матеріал і методи досліджень. Прикладом для проведення експериментів обрано результати досліджених особливостей змін у зразках рідини міхура алантоїса корів. Ознаки його рідини оцінено візуально. Показники маси складових визначено за схемою (Рис. 1).

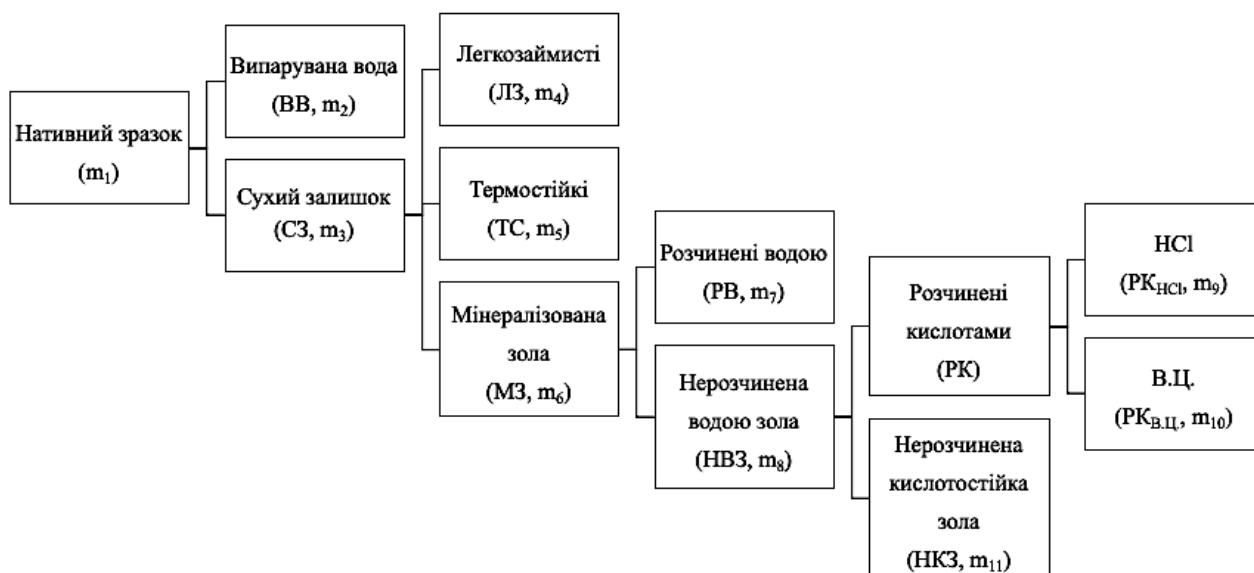


Рис. 1. Схема розподілу маси зразка на складові.

Висушений у сушильній шафі кристалоподібний зразок розтирають до порошкоподібного дрібнодисперсного стану. Спалюють на вогні газового

пальника і муфельній печі. Масу отриманого порошку визначають гравіметричним методом. Розрахунковим способом, за визначеною різницею мас, оцінюють особливості розподілу маси складових легкозаймистих (ЛЗ) і термостійких (ТС) та розчинність мінералізованої золи (МЗ) у дистильованій воді і концентрованих кислотах.

Одержання й оцінювання зразків. При настанні родів у пластмасовий посуд відбирають 1,5–2,5 дм³ рідини. В пластмасовий і/або скляний посуд вливають 100–150 см³. Щільно закритий посуд з її зразками вносять у термос і доставляють в лабораторію. За наведеною схемою (рис. 1) проводять визначення маси: випаруваної води (ВВ) і сухого залишку (СЗ); легкозаймистих (ЛЗ) і термостійких (ТС); розчинених водою (РВ) і кислотами (РК) речовин та мінералізованої (МЗ), нерозчиненої водою (НВЗ) і кислотами золи (НКЗ). Нескладними арифметичними розрахунками знаходять відсотки маси складових. Індексом співвідношень (*Im:1*) оцінюють особливості взаємозв'язку частин їх маси [6, 7].

Підготовка зразків до досліджень. В лабораторії проводять візуальну оцінку зразків. Реєструють ознаки кольору і густини. Від отриманого об'єму (100–150 см³) у мірний циліндр вливають 10,0 см³ рідини. Переливають її у завчасно зважений (m_{01}) скляний посуд місткістю 20–25 см³. Посуд із зразком зважують з точністю до четвертого знаку після коми (m_{02}). За різницею суми мас посуду і зразка ($m_{02} - m_{01}$) визначають масу зразка (m_1). Зразок МВС (m_1) впродовж 3-х діб висушують у термостаті за 105 °С. За різницею показників визначають масу ВВ (m_2) і СЗ (m_3).

Результати оцінювання особливостей розподілу маси складових свідчать, що вірогідність різниці між показниками її рідини та ВВ – низька ($P > 0,2$), але між показниками ВВ і СЗ – висока ($P < 0,001$).

Методика визначення. Зневоднену, кристалоподібну масу СЗ розтирають у фарфоровій ступці до стану дрібнодисперсного порошку, який

поміщають у кварцові пробірки. Порошок спалюють на відкритому вогні газового пальника і у печі муфеля. Після кожної виконаної процедури залишок маси спалених зразків зважують. Маса складових СЗ (ЛЗ, ТС, МЗ) позначають як m_4 , m_5 , m_6 . Процедура спалювання забезпечує визначення абсолютних показників маси складових СЗ та нерозчиненого дистильованою водою (НВЗ) і концентрованими кислотами залишку кислотостійкої золи (НКЗ). Отримані результати свідчать, що задіяні в експеримент прийоми розподілу маси складових СЗ дистильованою водою призводять до того, що їх показники (МЗ>ЛЗ>ТС) лінійно більші в 1,4 і 3,6 разу. Межа відхилень середнього арифметичного (M) та коефіцієнта варіації (C_v) маси складових СЗ – широка і відповідно становить 10–63 мг та 2–10%. Вірогідність їх різниці становить 99,9%. Отримана сума мас свідчить, що різниця її показників незначна ($P>0,5$). Похибка визначень не виходить за межу 2–3 мг.

До порошку МЗ доливають 5 см³ дистильованої води. Його суміш з водою ретельно розмішують. 24 год. витримують за кімнатної температури і розділяють на легку й важку фракції. Осад висушують у термостаті і зважують.

Здатність складових МЗ розчинятися у дистильованій воді визначають після доби їх витримування. Результати досліджень свідчать, що маса розчинених неорганічних речовин в 3,4 рази більша від нерозчинених. Межа відхилень M і C_v показників маси складових МЗ становить 14–64 мг і 1–6%. Вірогідність їх різниці висока. Межа похибки становить 0,2–0,7 мг.

До залишку нерозчиненої водою золи (НВЗ) доливають 5 см³ НСІ. Після доби витримування, висушування і зважування нерозчиненого осаду доливають 5 см³ води царів («В.Ц.»), або суміші хлористоводневої кислоти з нітратною (HNO_3). Наведені вище процедури повторюють і визначають масу нерозчиненої кислотостійкої золи (НКЗ).

Результати добового витримування НВЗ у концентрованих кислотах свідчать, що здатність кислот розчиняти складові золи – різна. Зареєстрована

маса розчинених речовин хлористоводневою кислотою (PK_{HCl}) менша ніж розчинених $PK_{В.Ц.}$, $PK_{В.Ц.}$ менша, ніж НКЗ ($PK_{HCl} < PK_{В.Ц.} < НКЗ$). Показник суми розчинених речовин в 1,2 разу більший від НВЗ, але НКЗ співпадає з НВЗ. Межа відхилень М і С_в маси складових НВЗ становить 3–11 мг і 3–12%. Вірогідність різниці розчиненої кислотами маси висока. Середній показник різниці суми мас (PK і НВЗ) та (НВЗ і НКЗ) становить 2,4 і 0,3 мг. Межа похибки – 1–4 і 0,1–0,5 мг.

Методологія аналізу. Результати розподілу вмісту маси складових СЗ свідчать, що маса МЗ в 1,4 разу більша від ЛЗ; ЛЗ в 3,7 разу більша від ТС. Межа відхилень М і С_в маси СЗ відповідно становить 8–53 і 3–9%. Вірогідність різниці – 99,9%. Похибка – 1–4%.

Після доби витримування суміші МЗ з дистильованою водою, її розподілу на рідину і осад та висушування осаду у термостаті і зважування знаходять вміст маси РВ і НВЗ. Результати визначень свідчать, що 78% маси МЗ розчиняються дистильованою водою, але 23% залишаються нерозчиненими. Межа відхилень М і С_в маси складових МЗ становить 21–80 і 2–5%. Вірогідність різниці висока. Похибка визначень незначна ($\pm 0,9$ – $1,0\%$).

Після доби витримування НВЗ у хлористоводневій кислоті визначають масу PK_{HCl} складових. Осад складових важкої фракції висушують і на добу заливають сумішню «В.Ц.» Отриману суміш золи з «В.Ц.» розділяють на легку й важку фракції. Рідину зливають. Осад нерозчинених кислотостійких складових висушують і зважують. Результати досліджень свідчать, що вміст маси складових розчинених HCl в 3,3 разу менший від розчинених «В.Ц.». Різниця суми мас складових (PK – НВЗ) в середньому становить 17%. Межа відхилень М і С_в маси складових НВЗ – 23–106 і 3–9%. Вірогідність різниці висока. Похибка менша ніж 3%.

Зв'язок частин маси H₂O і складових СЗ оцінюють індексами співвідношень частин маси $Im_1...Im_4$. Їх визначають діленням більшої маси

$m_2 \dots m_{11}$ на меншу. Результати висушування зразків у термостаті свідчать, що індекс співвідношень частин маси H_2O і складових зневодненого СЗ становить $79,8 \pm 0,97:1$. Однак, якщо показник маси ВВ поділити на масу МЗ, ЛЗ і ТС, то виявиться, що на одна частина маси СЗ зв'язує різну кількість частин маси H_2O . Величина співвідношень пар $H_2O:MЗ > H_2O:ЛЗ > H_2O:ТС$ лінійно більша. Одна частина вмісту маси ТС органічних речовин зв'язує в 3,6 разу більше H_2O ніж ЛЗ; ЛЗ – в 1,5 разу більше, ніж МЗ. Межа відхилень М і С_в співвідношень пар $H_2O:СЗ$ і $H_2O:MЗ$, $H_2O:ЛЗ$, $H_2O:ТС$ становить 80–822:1 і 3–11%. Вірогідність їх різниці висока.

Зв'язок частин маси складових СЗ оцінюють індексами співвідношень частин маси $Im_1 \dots Im_6$. Одержані результати свідчать, що їх середня величина у дослідженому ряду пар складових СЗ прямує від більшої до меншої. Після спалювання зразків за різної температури індекси частин маси складових пари СЗ:ТС більші ніж МЗ:ТС; МЗ:ТС ніж ЛЗ:ТС; ЛЗ:ТС ніж СЗ:ЛЗ; СЗ:ЛЗ ніж СЗ:МЗ, але СЗ:МЗ співпадають з МЗ:ЛЗ. Межа відхилень М і С_в маси складових СЗ відповідно становить 1–12:1 і 3–18%. Вірогідність різниці пар СЗ:ТС, МЗ:ТС, ЛЗ:ТС і СЗ:МЗ висока, але СЗ:МЗ і МЗ:ЛЗ незначна.

Здатність дистильованої води і концентрованих кислот розчиняти складові МЗ і СЗ оцінюють індексами співвідношень $Im_1 \dots Im_7$. Встановлено, що співвідношення маси пар складових рідини і витриманого порошку впродовж доби у середовищах води і кислот (*HCl*, *B.C.*) мають різну величину. Якщо індекс співвідношень пари СЗ:МЗ нативних зразків в середньому становить $1,96 \pm 0,04:1$, то пари золи, яку витримали у воді, прямує від його меншого показника до більшого. Тоді як індекс пари складових золи, яку витримали у кислотах, прямує від більшого до меншого. Наслідком дії води на МЗ є переміщення одної частини вмісту маси складових у розчин. Однак дві частини вмісту залишаються нерозчиненими водою. З цього приводу слід також зауважити, що процедура розчинення МЗ водою змінює величину

співвідношень пари СЗ:НВЗ, який щодо СЗ:МЗ в 4,4 разу більший. Результат тривалої дії кислот на зразки НВЗ в 3,3 разу більший від співвідношень маси складових НВЗ:РК_{НСІ} ніж НВЗ:РКв.ц.. Межа відхилень М і С_v співвідношень маси пар складових СЗ відповідно становить 1–12:1 і 3–18%. Вірогідність різниці індексу співвідношень маси пар СЗ:ТС, МЗ:ТС, ЛЗ:ТС і СЗ:МЗ висока. Різниця співвідношень маси пар СЗ:МЗ і МЗ:ЛЗ незначна.

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. Максимюк Г.В. та ін. Спосіб визначення концентрації вільних і зв'язаних іонів у фракціях водних екстрактів (ФВЕ) проб біологічного матеріалу. Патент України на корисну модель № 69773, МПК G01N 21/00; опубл. 10.05.2012 р., Бюл. № 9.
3. Максимюк Г. В., та ін. Спосіб оцінювання змін гомеостазу іонів у пробах цервікального слизу за дії ендо- і екзогенних чинників. Патент України на корисну модель № 119753, МПК G01N 33/48; G01N 21/00; G01N 21/41; опубл. 10.10. 2017, Бюл. № 19.
4. Максимюк Г. В. та ін. Дисбаланс маси і концентрації складових секретів і рідин статевих органів за дії факторів шкочодчинного впливу: метод. рек. Львів-Оброшине, 2023. 40 с.
5. Максимюк Г. В. та ін. Гомеостаз: дія і наслідок (Методи, методика, методологія досліджень). Оброшине, 2025. 180 с.
6. Малинін О.О. та ін. Спосіб кількісного визначення неорганічних елементів у біологічних субстратах за допомогою рентген-флуоресцентного аналізу. Патент України на корисну модель № 42619, МПК G01N 23/00; опубл. 10.07.2009 р., Бюл. № 13.
7. Chen, Z., Myers R., Wei T. [et al.] Placental transfer and concentrations of cadmium, mercury, lead and selenium in mothers, newborns, and young children. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*. 2014. Vol. 24. No. 5. P. 537–544. [doi: 10.1038/jes.2014.26](https://doi.org/10.1038/jes.2014.26).

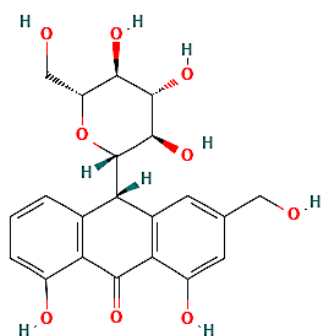
ОЦІНКА ЯКОСТІ ЕКСТРАКТІВ *ALOE VERA* МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОСКОПІЇ

Сахно Т.В., Хоменко В.С. (м. Полтава)

Aloe vera (L.) Burm. f. – широко відома лікарська рослина, що застосовується у фармацевтичній, косметичній та харчовій промисловості [1,2]. Гель листя є багатокомпонентною системою, що містить низькомолекулярні органічні сполуки (антрахінони, хромони, органічні кислоти), полісахариди, амінокислоти, білки та мінеральні компоненти [3]. Такий склад зумовлює широкий спектр біологічної активності, зокрема протизапальні, антибактеріальні та антиоксидантні властивості [4].

Ключовий показник якості сировини – вміст алоїну (барбалоїну), антрахінонового глікозиду, що значною мірою визначає фармакологічну активність екстракту. Концентрація алоїну повинна бути обмеженою (до 10 ppm для пероральних продуктів), отже необхідний точний аналітичний контроль. Алоїн – жовтувато-коричнева гірка речовина, основний активний компонент латексу алое (алое-емодин), локалізований під шкіркою листя та використовуваний як проносний засіб. Хімічна назва по ІЮПАК: (10S)-1,8-dihydroxy-3-(hydroxymethyl)-10-[(2S,3R,4R,5S,6R)-3,4,5-trihydroxy-6-(hydroxymethyl)oxan-2-yl]-10H-anthracen-9-one. Має 76 синонімів [5].

Наведена хімічна структура алоїну



Аналіз екстрактів *Aloe vera* ускладнюється багатокомпонентністю матриці та значним перекриттям спектральних сигналів, що обмежує застосування традиційних спектрофотометричних методів.

Мета роботи: дослідження УФ–видимих спектрів водних та спиртових екстрактів *Aloe vera*, оцінка їхньої стабільності в часі та вивчення можливості визначення алоїну за допомогою спектральних методів. Об’єкт дослідження – свіже листя *Aloe vera*, вирощене в контрольованих умовах (температура 23,2°C, відносна вологість 63%). Отримано водний та спиртовий екстракти. Стабільність екстрактів оцінювали шляхом порівняння УФ-спектрів свіжих зразків та після 14 днів зберігання в холодильнику.

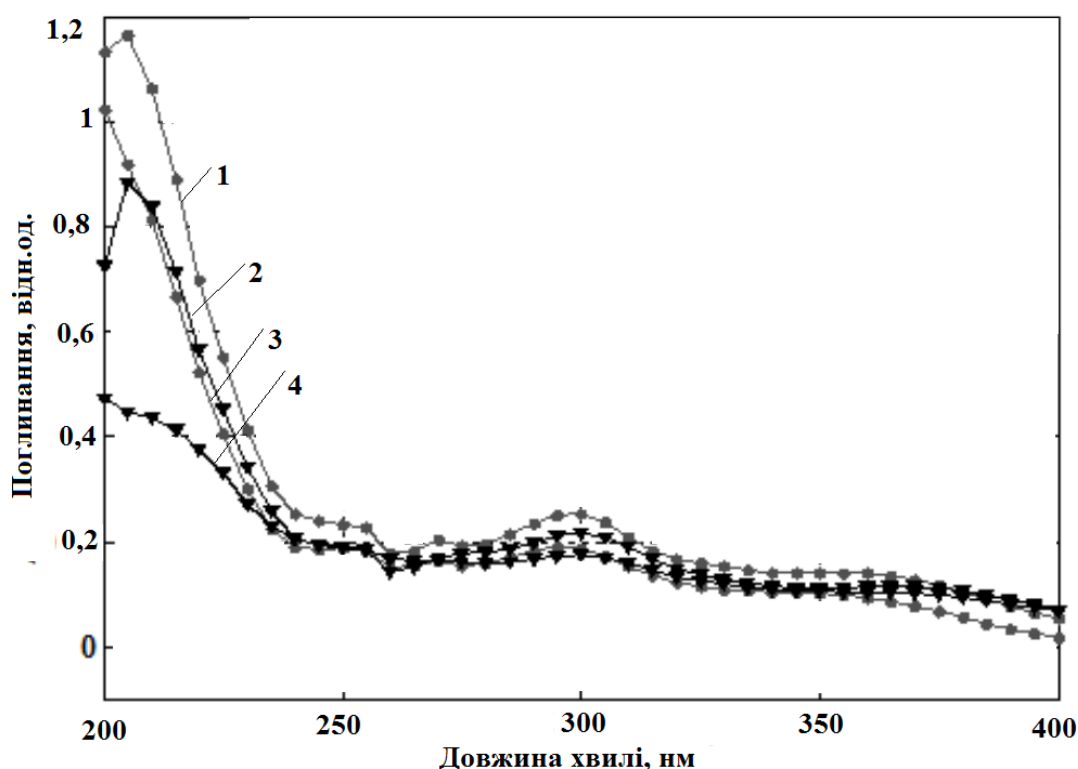


Рис. 1. Спектр поглинання екстракту алоє вера: 1 - свіжий водний екстракт А.вера; 2 – водний екстракт після 14 днів; 3 - свіжий спиртовий екстракт; 4 – спиртовий екстракт після 14 днів зберігання.

Результати: УФ-видимі спектри водного і спиртового екстрактів подібні з незначними відмінностями. Основні смуги поглинання спостерігаються близько 210 нм (взаємодія з водою та гідроксильними групами), ~270 нм та ~292 нм. Порівняння спектрів свіжих та витриманих зразків показало незначні зміни, що свідчить про відносно високу стабільність екстрактів протягом 14 днів.

Спектральні характеристики алоїну: інтенсивна смуга 190–230 нм; смуги при 268 нм та 296 нм ($\pi \rightarrow \pi^*$ переходи); смуга при 353 нм ($n \rightarrow \pi^*$ переходи). Спектр алоїну стабільний у діапазоні рН 4,8–8,0, але чутливий до світла, кисню та хімічних перетворень. Основною проблемою аналітичного визначення є перекриття спектральних смуг алоїну з сигналами фенольних сполук, яблучної та лимонної кислот та інших компонентів матриці.

Особливості аналізу реальних зразків: склад екстрактів залежить від способу підготовки сировини; спектральні характеристики можуть суттєво

відрізнятися. Тому для коректного аналізу рекомендується використовувати калібрувальні системи, побудовані на основі реальних зразків, та враховувати можливі хімічні перетворення алоїну під час підготовки й зберігання.

Висновки: водні та спиртові екстракти *Aloe vera* мають подібні УФ-спектральні характеристики і демонструють достатню стабільність при 14-денному зберіганні в холодильних умовах. УФ-спектр алоїну відповідає типовим смугам антрахінонових сполук, однак значною мірою перекривається сигналами інших компонентів матриці, що ускладнює його точне спектральне визначення без застосування адекватних калібрувальних підходів і врахування матричних ефектів.

Список використаних джерел:

1. Sharma I P., Kaur R. *Comprehensive Review of Aloe vera: Composition, Properties, Processing, and Applications* The Natural Products Journal, 2026. Vol. 16. Article: e22103155339416. 2. Sulji RH Md, Jalani K.J., et al. *The UV Spectroscopic and Chromatographic Methods of Hydroalcoholic Extracts of Aloe vera*. ESTEEM Academic Journal 2019. Vol. 15. P. 18-24. 3. Carac A., et al. *Antioxidant and Antimicrobial Potential of Extracts from Aloe vera Leaves*. REV.CHIM.(Bucharest). 2016. Vol. 67, No. 4. P.654-658. 4. Khaksari M., Shahryari M., et al. *Aloe vera Leaf Extract Reduced BBB Permeability and Improved Neurological Results after Traumatic Brain Injury: The Role of Oxidative Stress* Wiley Oxidative Medicine and Cellular Longevity. 2024, Article: 5586814, 12 p. <https://doi.org/10.1155/2024/5586814>. 5. Barbaloin. URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1415-73-2#section=Synonyms&fullscreen=true>

**ХАРАКТЕРИСТИКА ФІБРИН(ОГЕН)ОЛІТИЧНОГО ЕНЗИМУ
BACILLUS SP. L 9, ВИДІЛЕНОГО ІЗ ПРИБЕРЕЖНОЇ ЗОНИ
КІНБУРНЬСЬКОЇ КОСИ**

Гудзенко О.В. (м. Київ)

Глобальна криза в охороні здоров'я значною мірою зумовлена високим рівнем летальності від серцево-судинних патологій. За даними ВООЗ, щорічно понад 17 мільйонів смертей спричинені порушеннями роботи серця та судин, зокрема внаслідок прогресуючого некрозу міокарда. Ключовим патогенетичним механізмом таких станів є внутрішньоартеріальне тромбоутворення, що стає першопричиною інсультів, тромбозів та легеневої

емболії [1]. Незважаючи на те, що тромболітична терапія визнана «золотим стандартом» лікування гострого інфаркту міокарда, застосування сучасних синтетичних препаратів обмежене їхньою низькою біоспецифічністю, коротким терапевтичним вікном та високою ймовірністю геморагічних ускладнень. Крім того, значна вартість таких ліків створює додатковий бар'єр для їх масового використання [2]. На сучасному етапі розвитку біотехнології особлива увага приділяється білковій терапії. Найбільш перспективним напрямом є скринінг природних фібринолітичних ферментів мікробного походження. Пошук нових біоактивних агентів, які поєднували б у собі високу ефективність розщеплення фібрину з безпечністю для організму, є стратегічно важливим завданням для вдосконалення антитромботичної стратегії.

Протягом останнього десятиліття мікробні фібринолітичні ферменти стали об'єктом уваги наукової спільноти. Кожна фібринолітична протеаза характеризується унікальною структурною організацією та специфічною каталітичною активністю [3]. Застосування таких ензимів дозволяє мінімізувати ризик виникнення побічних ефектів, що є критично важливим для пацієнтів із супутніми патологіями.

Актуальність програм скринінгу мікробних ензимів зумовлена суттєвими недоліками існуючих синтетичних аналогів, серед яких:

- висока вартість виробництва;
- обмежений період напіввиведення в системному кровотоці;
- низька субстратна специфічність;
- високий ризик розвитку геморагічних ускладнень.

У зв'язку з цим, в останні десятиліття ведеться інтенсивний пошук нових мікроорганізмів-продуцентів та розробка високоефективних ензимних препаратів на їх основі. Особливий інтерес становлять бактерії роду *Bacillus*, які завдяки ферментативному апарату та здатності до активної секреції білків у зовнішнє середовище є оптимальними об'єктами біотехнології [4].

Метою цього дослідження є виділення, очистка та вивчення фізико-хімічних характеристик нової фібрин(оген)ази *Bacillus* sp. L9, яка отримана з унікальної екосистеми прибережної зони Кінбурнської коси.

Методами іонообмінної та гель-проникної хроматографії із супернатанту культуральної рідини *Bacillus* sp. L9 виділено очищений ензимний препарат із молекулярною масою 40 кДа та виходом 1,8%.

Основні характеристики отриманої протеази:

- Каталітична активність: Питома фібриногенолітична активність становить 483 од/мг, фібринолітична - 383 од/мг білка. Ензим ідентифіковано як серинову протеазу, активний центр якої містить карбоксильну групу С-кінцевої амінокислоти (Asp або Glu). Сульфгідрильні групи молекули забезпечують стабільність її каталітично активної конформації.

- Фізико-хімічні оптимуми: Максимальна активність проявляється при рН 8,0 та температурі 40 °С. Препарат демонструє високу стабільність у широких діапазонах: рН від 3,0 до 12,0 та температур від 4 °С до 70 °С.

- Вплив іонів металів: Активність ензиму зростала в присутності іонів Na⁺, Ba²⁺, K⁺, Co²⁺, Mn²⁺, Al³⁺ та Cu²⁺, тоді як Fe³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Zn²⁺ та Fe²⁺ виявляли інгібуючий ефект.

- Субстратна специфічність: Фермент класифіковано як α-фібриногеназу завдяки високій селективності до Аα-ланцюга фібриногену, який він розщеплює на фрагменти з масами 50, 40 та 35 кДа. Гідроліз фібрину відбувається повільніше. Препарат практично не діє на казеїн і зовсім не гідролізує колаген та еластин, що підкреслює його потенційну безпечність для тканин судин.

Отримані результати свідчать, що фібрин(оген)аза *Bacillus* sp. L9 є перспективним ензимом для використання як антитромботичний агент у медицині та біотехнологічних процесах. Висока специфічність до Аα-ланцюга

фібриногену та стабільність у широких межах фізико-хімічних параметрів підтверджують доцільність подальшого вивчення даного ферменту.

Список використаних джерел:

1. Hazare C, Bhagwat P, Singh S, Pillai S. *Diverse origins of fibrinolytic enzymes: A comprehensive review. heliyon.* 2024. Vol. 10, No. 5. Article: e26668.
2. Singh R, Gautam P, Sharma C, Osmolovskiy A. *Fibrin and Fibrinolytic Enzyme Cascade in Thrombosis: Unravelling the Role. Life (Basel).* 2023. Vol. 13, No. 11. Article: 2196.
3. Diwan D, Usmani Z, Sharma M, Nelson JW, Thakur VK, Christie G, Molina G, Gupta VK. *Thrombolytic Enzymes of Microbial Origin: A Review. Int J Mol Sci.* 2021. Vol. 22, No. 19. Article:10468
4. Barzkar N, Jahromi ST, Vianello F. *Marine Microbial Fibrinolytic Enzymes: An Overview of Source, Production, Biochemical Properties and Thrombolytic Activity. Mar drugs.* 2022. Vol. 20, No. 1. Article: 46.

ЗАСТОСУВАННЯ ГІАЛУРОНОВОЇ КИСЛОТИ ЯК НОСІЯ ДЛЯ ДОСТАВКИ ЛІКІВ

Негода Т.С., Фисак О.В. (м. Київ)

Гіалуронова кислота має достатню біосумісність, біорозкладність та неімунногенність. Крім того, вона має здатність розпізнавати специфічні рецептори, які надмірно експресуються на поверхні пухлинних клітин, і протиракові препарати можуть бути спрямовані на пухлинні клітини для кращого їх знищення. Тому гіалуронова кислота привернула значну увагу як засіб доставки ліків. У нашій роботі було проаналізовано та детально узагальнено застосування гіалуронової кислоти як носія для доставки ліків. Було показано, що гіалуронова кислота має широкі перспективи для доставки ліків. Гіалуронова кислота – це лінійний макромолекулярний мукополісахарид, що складається з двох сахаридних одиниць глюкуронової кислоти та *N*-ацетилглюкозаміну, що чергуються [1]. Він має добру біосумісність, біорозкладність, високу в'язкопружність і може поєднуватися зі специфічним рецептором на поверхні клітин. Таким чином, гіалуронова кислота та її похідні як носії лікарських засобів сприяють загущенню лікарських засобів, пролонгованому вивільненню, трансдермальному всмоктуванню та покращенню їх таргетної дії.

Зв'язування цитотоксичного препарату з макромолекулярною речовиною покращує фармакокінетичний профіль препарату, подовжує його розподіл та час виведення [2]. Крім того, повільне вивільнення препарату з носія дозволяє йому залишатися в тканині пухлини у вищій концентрації та нижчій концентрації препарату в плазмі. Гіалуронова кислота та її похідні широко використовуються в різних системах доставки ліків, таких як система доставки ліків у вигляді наночастинок, гелева система доставки ліків, катіонна полімерна система доставки генів, наноемульсійна система доставки, поліелектролітна мікрокапсульна система доставки ліків, мікросферична система доставки ліків, плівкова система доставки тощо. З огляду на специфічне зв'язування гіалуронової кислоти з рецепторами на поверхні ракових клітин, її біорозкладність та біосумісність, застосування гіалуронової кислоти для цільової доставки протипухлинних препаратів досягло значного прогресу. Її можна використовувати як носій та реагувати з іншими препаратами, утворюючи кон'югати. Кон'югати мають контрольоване вивільнення та цільову дію, що дозволяє спрямовувати доставку кількох препаратів до різних патологічних ділянок, щоб досягти мети своєчасного та спрямованого вивільнення. Однак гіалуронова кислота легко розкладається в організмі людини. Тому для захисту гіалуронової кислоти від розкладу слід додавати речовину, що містить нітроксид, або інгібітор гіалуронідази, щоб запобігти розкладу гіалуронової кислоти шляхом пригнічення активності гіалуронідази [3]. Гіалуронова кислота має багато переваг, таких як добра біосумісність, різноманітність хімічної модифікації та таргетування пухлинних клітин. Вона привертає значну увагу в системі доставки протипухлинних ліків та забезпечує хорошу платформу для доставки онкологічних терапевтичних препаратів, що має великий потенціал розвитку та унікальну перевагу. Дослідження гіалуронової кислоти як носія протипухлинних препаратів досягли значного прогресу, але деякі проблеми все ще потребують подальшого вивчення.

Наприклад, використання кон'югатів гіалуронова кислота-лікарський засіб обмежене через відсутність гнучких методів синтезу. Надлишок ліків або гідрофобна частина зв'язується з основним ланцюгом гіалуронової кислоти, що призводить до зміни властивостей гіалуронової кислоти та впливає на процес ендцитозу, опосередкований рецепторами, пухлинних клітин. Таким чином, ступінь заміщення гіалуронової кислоти-носія може не тільки забезпечити спорідненість гіалуронової кислоти та рецептора, але й найбільшою мірою пригнічувати ріст пухлини. Крім того, завдяки наявності рецепторів гіалуронової кислоти в ендотеліальних клітинах печінки, вектор доставки ліків на основі гіалуронової кислоти накопичується в тканинах печінки. Отже, необхідно вивчити новий тип наночастинок гіалуронової кислоти для захисту гіалуронової кислоти в процесі кровообігу та експонувати наночастинки перед поглинанням пухлинними клітинами для покращення терапевтичного ефекту.

Список використаних джерел:

1. Alaniz L, Cabrera PV, Blanco G et al. Interaction of CD44 with different forms of hyaluronic acid. Its role in the adhesion and migration of tumour cells. Cell Communication and Adhesion. 2016. Vol. 9. P. 117–30. 2. Zhang X, Wang H, Ma Z et al. The impact of pharmaceutical pegylation on drug metabolism and its clinical implications. Expert Opinion on Drug Metabolism and Toxicology. 2014. Vol. 10. P. 1691–1702. 3. Sung MH, Park C, Choi JC et al. A hyaluronidase inhibitor containing poly- γ -glutamic acid as an active ingredient. 2014. USA, US8916141.

РІЗНІ ФОРМИ ТА БІОЛОГІЧНІ ЕФЕКТИ ГІАЛУРОНОВОЇ КИСЛОТИ В КОСМЕТИЧНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Негода Т.С., Бузюк А.В. (м. Київ)

Гіалуронан, або гіалуронова кислота (ГА), – це глікозаміноглікан зі структурними та сигнальними функціями, що відіграють ключову роль у гомеостазі шкіри людини. Він забезпечує гідратацію та біомеханічні властивості цієї тканини, а також регулює клітинну адгезію, міграцію, проліферацію та запалення. Його біосумісність, в'язкопружні властивості,

біологічні функції та масштабне стале біовиробництво зробили цей полісахарид героїчною молекулою косметичної промисловості.

Методи: Було проведено пошук літератури для обговорення переваг зовнішнього застосування ГА та її похідних для шкіри та волосся.

Гіалуронан, або гіалуронова кислота, яку тут називають ГК, повсюдно поширена у хребетних, також зустрічається у бактеріях, і вперше була виділена в 1930-х роках Мейером і Палмером у склоподібному тілі великої рогатої худоби [1], де вона має високу концентрацію [2]. У шкірі людини ГК є найпоширенішим глікозаміногліканом і забезпечує важливу структурну та стабілізуючу роль у позаклітинному матриксі разом із сульфатованими глікозаміногліканами та протеогліканами [3]. З іншого боку, ГК є сигнальною молекулою, яка відіграє певну роль у загоєнні ран, регулюванні запалення та проліферації клітин [4]. ГК має широкий спектр існуючих та перспективних медичних застосувань: лікування остеоартриту шляхом внутрішньосуглобових ін'єкцій, змащення очей в офтальмології, протизапальна та загоювальна молекула в стоматології, біоматеріал для тканинної інженерії та як перспективний засіб у терапії раку та доставці ліків. У дерматології було доведено, що ГК лікує рани, розацеа або себорейний дерматит. Полімер використовується в естетичних процедурах у вигляді ін'єкційних філерів, а також у косметичних та нутрикосметичних препаратах для покращення ознак старіння та зволоження шкіри. Таке різноманіття застосувань стало можливим завдяки множині молекул, отриманих з нативного високомолекулярного полісахариду. Гідроліз та функціоналізація ГА спрямовані на покращення її власних характеристик з точки зору стабільності, здатності до утворення гелю, проникнення в шкіру та надання полімеру нових функцій.

Місцеве застосування ГК – це неінвазивний метод лікування з доведеною ефективністю у догляді за шкірою, але це часто ігнорується на користь естетичних процедур. Ця робота має на меті надати огляд ГК та споріднених

молекул, що використовуються для місцевого лікування волосся та шкіри, а також у косметичних застосуваннях. Розглядаються безпека та проникнення цих сполук у шкіру/волосся, а також їхні клінічні переваги та механізми дії.

Природна присутність ГК у шкірі людини робить її біосумісною. Вона рясно міститься в шкірних тканинах, де виконує широкі біологічні функції. З цих причин з'явилося кілька дерматологічних та косметичних застосувань ГК для зволоження, відновлення та омолодження шкіри, догляду за волоссям та лікування шкірних захворювань. Завдяки своїй природній та повсюдній присутності в організмі людини, ГА продемонструвала свою безпечність та біосумісність.

Хоча споживачам ГК переважно відома в засобах для обличчя, її привабливість у категорії догляду за волоссям не є новою. Ще в 1994 році було продемонстровано, що її комбінація з катіонним целюлозним полімером збільшує субстантивність ГК на кератині після змивання водою, щоб продовжити її зволожуючі властивості. У поєднанні з колагеном та хітозаном її оцінювали для кондиціонування волосся. Крім того, цей ринок розширюється: у 2020 році використання гіалуронату натрію в нефарбованих препаратах для волосся було повідомлено у 12 рецептурах на ринку США, тоді як у 2023 році це було згадано у 83 рецептурах. Однак лише нещодавно властивості та механізм дії ГК на волосяне волокно були продемонстровані та пояснені.

Стрижень волосини складається із зовнішньої оболонки, кутикули, та центральної частини, кори, обидві з яких складаються з волокнистого білка кератину, що забезпечує захист та стійкість. Ланцюги кератину в конформації α -спіралі скручені водневими зв'язками. Ця третинна структура сприяє утворенню дисульфідних зв'язків між сірковмісними амінокислотами цистеїну, зшиваючи сусідні ланцюги, що відповідають за завивання волосся. І навпаки, в конформації β -шару дисульфідні зв'язки зустрічаються рідше, а стрижень волосини гладший. Механічне випрямлення волосся викликає взаємне

перетворення кератину з α -спіралі в β -шару. Гідролізований гіалуронат натрію, що входить до складу шампуню, продемонстрував ефект проти пухнастості. Для оцінки впливу цієї ГК на структуру волосся було застосовано конфокальну раманівську спектроскопію до волокон, оброблених плацебо або шампунем, що містить ГК. Як було описано раніше у дослідженні шкіри, цей гідролізований гіалуронат натрію модифікував третинну структуру кератину волосся, пояснюючи розгладжувальний ефект гідролізованої ГК: він зменшив конформацію α -спіралі, сприяючи утворенню β -листа, а оброблене волосся також демонструвало нижчу інтенсивність ковалентного дисульфідного зв'язку цистеїну.

Висновки: Цей огляд надає інформацію про природу та ефективність місцевої гіалуронової кислоти (ГК) та її похідних у косметичних застосуваннях. Були виділені нові напрямки досліджень, такі як векторизація високомолекулярної ГК.

Список використаних джерел:

1. Meyer K., Palmer J.W. On the nature of ocular fluids. *Am. J. Ophthalmol.* 1936. Vol. 19, No. 10. P. 859–865. 2. Laurent T.K., Fraser J.R.E. Hyaluronan. *FASEB J.* 1992. Vol. 6, No. 7. P. 2397–2404. 3. Wang S.T., Neo B.H., Betts R.J. Glycosaminoglycans: sweet as sugar, targets for local skin rejuvenation. *Clin. Cosmet. Investig. Dermatol.* 2021. P. 1227-1246 4. Chylinska N., Maciejczyk M. Hyaluronic acid and the skin: its role in ageing and wound healing. *Geli.* 2025. Vol. 11. Article:281.

РОЛЬ МІСЦЕВИХ ПРОБІОТИКІВ В ЛІКУВАННІ ЗАПАЛЬНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ШКІРИ

Негода Т.С., Вадько В.А. (м. Київ)

Шкіра, зовнішній інтерфейс людського тіла, є домівкою для коменсальної мікробіоти, а також діє як фізичний бар'єр, що захищає від вторгнення сторонніх патогенних мікроорганізмів. В останні роки інтерес значно розширився за межі кишкового мікробіома, включивши мікробіом шкіри та його вплив на лікування кількох шкірних захворювань. Пробіотики відіграють важливу роль у підтримці здоров'я людини та профілактиці захворювань.

Місцеві пробіотики продемонстрували корисний ефект для лікування деяких запальних захворювань шкіри, таких як акне, розацеа, псоріаз тощо, а також виявили, що вони відіграють багатообіцяючу роль у загоєнні ран. У цьому огляді ми обговорюємо останні дані щодо застосування місцевих пробіотиків та їх впливу на здоров'я та захворювання шкіри. Було зроблено акцент на патентах, комерційно доступних місцевих пробіотиках та нових тканинах, просочених пробіотиками. Глибоке розуміння взаємозв'язку між пробіотиками та мікробіомом шкіри важливе для розробки нових терапевтичних підходів до використання місцевих пробіотиків.

Пробіотики – це живі мікроорганізми, які при вживанні у відповідній кількості допомагають підтримувати здоров'я. Природні мікроорганізми зазвичай складають пробіотики першого покоління, тоді як генетично модифіковані штами є вторинними пробіотиками. Важливість мікроорганізмів для здоров'я людини сягає епохи, коли Луї Пастер вперше відкрив важливість ферментації, а також звернув увагу на той факт, що споживання ферментованих продуктів може бути корисним для здоров'я та довголіття. Пероральні та місцеві пробіотики використовувалися для лікування кількох захворювань шкіри [1].

Мікроорганізми мешкають у нашому тілі, як у кишечнику, так і на шкірі. Коменсальні бактерії відіграють життєво важливу роль у здоров'ї людини; вони також допомагають підтримувати здорову імунну систему. Мікробіом шкіри складається з кількох видів мікроорганізмів. Будь-який дисбаланс цих мікроорганізмів призводить до шкірних захворювань. Акне, atopічний дерматит, псоріаз та розацеа – деякі поширені захворювання шкіри, що виникають через дисбаланс в існуючому мікробіомі шкіри [2].

Пробіотики добре відомі своїм клінічним застосуванням при певних шкірних захворюваннях, а терапія пробіотиками може мати великий потенціал у профілактиці та лікуванні кількох захворювань шкіри [3]. Дослідження

встановили зв'язок між порушеним кишковим мікробіомом та запальними захворюваннями шкіри, тим самим збільшуючи потенціал пероральних пробіотиків як варіанту лікування шкірних захворювань [4]. Однак існує дуже мало інформації та клінічних досліджень, які вивчали ефективність місцево застосовуваних пробіотичних продуктів. Місцеве застосування пробіотичних бактерій може допомогти посилити природний бар'єр шкіри, надаючи прямий вплив у місці нанесення. Це може бути завдяки резидентним бактеріям та пробіотичним бактеріям, які виробляють певні антимікробні амінопептиди, що сприяють імунним реакціям шкіри та допомагають усунути патогени. Деякі косметичні препарати можуть сприяти зміцненню нормального мікробіому шкіри, будучи вибірковыми у своїй активності [5].

Мікробіом шкіри складається з двох основних груп мікробів. Резидентний мікробіом – це основна та фіксована група, яка може відновлюватися після будь-яких змін. Тимчасовий мікробіом, з іншого боку, має мікробіом, який не знаходиться на шкірі постійно, а з'являється на кілька годин або днів залежно від навколишнього середовища. У здоровій шкірі обидва типи мікробіомів є непатогенними. До поширених типів, що мешкають на шкірі, належать *актинобактерії* (*Actinobacteria*), *фірмікути* (*Firmicutes*), *протеобактерії* (*Proteobacteria*) та *бактероїди* (*Bacteroides*).

Три найпоширеніші роди – це *коринебактерії* (*Corynebacteria*), *пропіонібактерії* (*Propionibacterium*) та *стафілококи* (*Staphylococci*). Кожне мікрооточення на шкірі містить свої мікроорганізми. У той час як сальні фолікули, які є анаеробним, багатим на ліпіди середовищем, містять *пропіонібактерії* (*Propionibacterium*), пахвова область переважно складається з грампозитивних бактерій родів *стафілокок* (*Staphylococcus*), *мікрококків* (*Micrococcus*), *коринебактерій* (*Corynebacterium*), а також *пропіонібактерій* (*Propionibacterium*). Види *Staphylococcus*, *Propionibacterium*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Enhydrobacter* та *Streptococcus* здебільшого ростуть у сухих

ділянках тіла. Дріжджі *Malassezia* особливо присутні на шкірі голови, а *Demodex folliculorum* – на кліщі. Ділянки шкіри потрапляють у сухе, сальні або вологе середовище. Дуже мало інформації доступно про віруси, що мешкають на шкірі. Їхні мізерні геномні розміри ускладнюють метагеномне виявлення. До видів грибів, таких як *Malassezia*, належать найпоширеніші *M. globosa*, *M. restricta* та *M. sympodialis*, які є ліпофільними мікробами, часто пов'язаними з багатими на шкірне сало ділянками шкіри. Ці види *Malassezia* особливо поширені в сальних ділянках. Кліщі *Demodex* (такі як *Demodex folliculorum* та *Demodex brevis*), які є мікроскопічними членистоногими, також вважаються частиною нормальної флори шкіри та є постійними ектопаразитами людини та інших волососабальних одиниць ссавців.

Отже, *Malassezia* spp. А демодекси мешкають у тому ж місці на шкірі. Інші види грибів, такі як *Aspergillus*, *Cryptococcus*, *Epicoccum* та *Rhodotorula* присутні поблизу ділянок шкіри стопи.

Усі ці види бактерій, грибків, бактероїдів та інших мікробів, що мешкають у шкірі, використовують обмежені ресурси ліпідів та шкірного сала на шкірі та адаптуються до життя в сухому, висихаючому середовищі

У більшості випадків мікроорганізми, що складають мікробіом шкіри, перебувають у гармонії один з одним і виконують свої функції захисту шкіри. Однак, стресові фактори навколишнього середовища та інші фактори можуть спричинити перехід коменсальних мікробів до патогенних, що призводить до запалення, свербіння, лущення та інших клінічних ознак, що свідчать про дисбаланс між нашою шкірою та її мікробіомом. Порушення складу мікробіома шкіри називається дисбактеріозом. Функціональний дисбактеріоз впливає на взаємодію мікробів з господарем і призводить до шкірних захворювань. Фактори господаря, такі як вік, стать, гігієна, використання певних ліків, рН шкіри, схильність до потовиділення, ріст волосся на шкірі, вироблення шкірного сала, використання косметики для шкіри та спосіб життя, відіграють

значну роль у взаємодії мікробіома з господарем. Дисбаланс у мікробіомі шкіри призводить до кількох шкірних захворювань через втрату гомеостазу. Найпоширенішими захворюваннями шкіри, з якими звертаються до лікарів первинної медичної допомоги, є акне, атопічний дерматит, розацеа, псоріаз та лупа. Ці захворювання вражають більшість населення і є найбільш вивченими, оскільки вони також впливають на психосоціальне здоров'я.

Таким чином, ці захворювання шкіри пропонують більше можливостей для дослідження пробіотиків для місцевого застосування

Список використаних джерел:

1. Franza K. Topical probiotics in dermatological therapy and skincare: a brief review. *Dermatol. Ther.* 2021. Vol. 11. P. 71–77. 2. Navarro-López V., Núñez-Delegido E., Ruzafa-Costas B., Sánchez-Peliser P., Agüera-Santos J., Navarro-Moratalla L. Probiotics in the dermatologist's therapeutic arsenal. *Microorganisms*. 2021. Vol. 9. Article: 1513. 3. Roudsari MR, Karimi R., Sohrabvandi S., Mortazavian AM. The effect of probiotics on skin health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2015. Vol. 55. P. 1219–1240. 4. Szántó M., Dózsa A., Antal D., Szabó K., Kemény L., Bai P. Targeting the gut-skin axis – probiotics as new tools for the treatment of skin diseases? *Exp. Dermatol.* 2019. Vol. 28. P. 1210–1218. 5. Al-Ghazawi F.H., Tester R.F. The effect of prebiotics and probiotics on skin health. *Benef. Microbes*. 2014. Vol. 5. P. 99–107.

ПРОБІОТИКИ ЯК НОВИЙ ПІДХІД У ЛІКУВАННІ ХРОНІЧНИХ ДЕРМАТОЗІВ

Негода Т.С., Карнаух Д.Р. (м. Київ)

Шкіра є основним бар'єром організму від ультрафіолетового випромінювання, фізико-хімічних пошкоджень, мікробного вторгнення та трансепідермальної втрати води. Вона складається з епідермісу, що складається переважно з кератиноцитів, що утворюють роговий шар, та дерми, волокнистої сполучної тканини, багатої на компоненти позаклітинного матриксу, такі як колаген, еластин, фібронектин та протеоглікани, які разом підтримують механічну міцність та структурну зчеплення між шарами шкіри [1, 2]. Окрім своєї ролі механічного бар'єру, шкіра активно бере участь як у вроджених, так і в адаптивних імунних реакціях, сприяючи імунологічному нагляду, розпізнаванню патогенів та регуляції запалення [2].

Шкіра містить різноманітну мікробіоту, яка відіграє вирішальну роль у підтримці здоров'я шкіри, регулюючи імунні реакції, зберігаючи цілісність бар'єру, захищаючи від патогенних мікроорганізмів та модулюючи місцеве запалення. Мікробіота шкіри, яка складається з різноманітного консорціуму мікроорганізмів, включаючи бактерії, грибки, віруси та кліщі, загалом класифікується на резидентні (коменсальні) організми, які встановлюють стабільні, взаємовигідні стосунки з хазяїном, та тимчасові (потенційно патогенні) види, які потрапляють з навколишнього середовища та можуть порушувати мікробну рівновагу за певних умов [3, 4]. На її склад впливають такі фактори, як анатомічне розташування, вологість, вік, генетичний фон та імунний статус.

З огляду на потенційну участь у патогенезі шкірних захворювань, зміни у складі або функції коменсальної мікробіоти стали важливим предметом сучасних досліджень. Дисбіоз все частіше асоціюється з хронічними запальними дерматозами, включаючи атопічний дерматит (АД), псоріаз, вульгарні вугрі, розацеа та інші. Наукові дослідження надають достовірні докази змін у чисельності певних мікроорганізмів у загальній мікробній популяції або повних змін у її складі. Дисбіотичні зміни є не лише відображенням патологічних процесів, але й становлять невід'ємний компонент їх патогенезу та, залежно від їх тяжкості, можуть суттєво впливати на клінічну картину.

Наукова спільнота виявляє зростаючий інтерес до терапевтичного потенціалу агентів, що модулюють мікробіом, – яких разом називають біотиками – для лікування дерматозів, пов'язаних з дисбактеріозом. Ця група включає:

- пробіотики, які є препаратами, що містять живі мікроорганізми, спрямовані на відновлення балансу коменсальної мікробіоти;

- пребіотики, що визначаються як селективно метаболізовані субстрати, що сприяють росту та активності корисних мікробів;
- постбіотики, що складаються з нежиттєздатних мікробних клітин, фрагментів або метаболітів, таких як коротколанцюгові жирні кислоти, лізати або протизапальні білки, – які безпосередньо впливають на шкіру хазяїна;
- синбіотики, які є стратегічними комбінаціями пробіотиків і пребіотиків, призначеними для посилення їх синергетичної дії.

Попередні огляди використання місцевих пробіотиків найчастіше представляли цю терапію в загальному вигляді, поєднуючи косметичні аспекти, загоєння ран та запальні захворювання шкіри. Хоча вони й надають цінну інформацію, вони рідко пропонують поглиблений аналіз окремих дерматозів або розглядають конкретні патогенетичні шляхи та моделі дисбактеріозу. Наші дослідження заповнюють цю прогалину, зосереджуючись на хронічних запальних дерматозах, узагальнюючи найновіші клінічні та експериментальні дані, а також обговорюючи питання стандартизації та пріоритети для подальших досліджень. У цьому контексті ми розглядаємо нову роль місцевих пробіотиків як перспективного, але все ще маловивченого терапевтичного підходу, надаючи огляд імунологічних функцій мікробіома шкіри та потенціал його модуляції для відновлення мікробного гомеостазу та впливу на імунні шляхи, що стосуються патогенезу захворювань.

Список використаних джерел:

1. Gilchrist BA. Skin ageing 2003: Recent advances and current concepts. *Cutis*. 2003. Vol. 72. P. 5–10.
2. Chung J. H., So J. Y., Choi H. R., Lee M. K., Yoon K. S., Lee G., Cho K. H., Kim K. H., Park K. S., Yoon H. K. Modulation of skin collagen metabolism in aged and photoaged human skin in vivo. *J. Investig. Dermatol.* 2001. Vol. 117. P. 1218–1224.
3. Grais E.A., Segre J.A. The skin microbiome. *Nat. Rev. Microbiol.* 2011. Vol. 9. P. 244–253. doi: 10.1038/nrmicro2537.
4. Dreno B., Dagnelli M.A., Hammari A., Corvec S. The skin microbiome: a new factor in inflammatory acne. *Am. J. Clin. Dermatol.* 2020. Vol. 21. P. 18–24.

**УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ДОНОРНИХ РОСЛИН ТА РОСЛИН-РЕГЕНЕРАНТІВ ЯК ЛІМІТУЮЧИЙ ЧИННИК ТЕХНОЛОГІЇ
ОДЕРЖАННЯ ГАПЛОЇДІВ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ У КУЛЬТУРІ ПИЛЯКІВ
*IN VITRO***

Білинська О.В. (м. Харків)

Якість рослин, з яких отримують експланти для біотехнологічних досліджень або для створення вихідного матеріалу в селекції за допомогою культури *in vitro* клітин, тканин та органів має критичне значення для реалізації потенційних можливостей цих методичних підходів [1, 2]. Оскільки індукований морфогенез *in vitro* є результатом взаємодії ендогенних гормональних і трофічних чинників, градієнти яких сформувалися під дією температурно-світлового режиму в період росту і розвитку донорних рослин, і компонентів живильного середовища, оптимізація умов вирощування здатна забезпечити не лише високу ефективність процесів індукції морфогенних структур і регенерації рослин, але й відтворюваність результатів і стабільність технологічних параметрів [3, 4].

Існує три варіанти вирощування вихідного матеріалу для досліджень в галузі експериментального андрогенезу *in vitro*: у відкритому ґрунті [5], теплицях з природним і комбінованим освітленням [6] і камерах штучного клімату або світлових кімнатах, у яких температура, освітленість та довжина фотоперіоду контролюється в автоматичному режимі [7]. При застосуванні перших двох варіантів неминучою є залежність від кліматичних особливостей регіону і року, які можуть бути більш або менш сприятливими. І лише умови штучного клімату відкривають можливості для організації високотехнологічного процесу вирощування вихідного матеріалу і рослин-регенерантів та одержання їхнього насіннєвого потомства – ліній подвоєних гаплоїдів.

Результати досліджень, проведені наприкінці минулого та на початку нинішнього століття, засвідчили, що для одержання високих і стабільних результатів з індукування гаплоїдів ячменю у культурі пиляків *in vitro* найбільш прийнятними є субоптимальні умови вирощування рослин-донорів пиляків. Зокрема, було рекомендовано підтримання у світловій кімнаті температури 18°C впродовж усього періоду вегетації [8]. Для підвищення ефективності одержання гаплоїдів у культурі ізольованих мікроспор ячменю температуру на етапі вирощування донорних рослин у кліматичній камері було знижено до 12°C [3].

На жаль, через високу вартість електроенергії для вітчизняних фахівців, які працюють у галузі експериментальної гаплоїдії, навіть за наявності відповідного обладнання для створення умов штучного клімату, єдиною можливістю вирощування донорних рослин залишаються поле або дослідні ділянки у відкритому ґрунті [9, 10]. Це неминуче призводить до флуктуації показників гаплопродукції в залежності від гідротермічного режиму, який склався у період вегетації. Як свідчать дані наших багаторічних досліджень з одержання андрогенних гаплоїдів ячменю на основі модельного генотипу, вихід морфогенних структур (Рис. 1) і рослин-регенерантів був істотно вищим у роки з помірною температурою та достатньою кількістю опадів порівняно з роками, які характеризувалися екстремально високими температурами та посухою. Варто зазначити, що результати, наведені на Рис. 1, були б контрастнішими, якби у посушливі роки у фазу кушіння не було проведено штучного поливу.

Особливе значення для одержання високого виходу морфогенних структур (калюсу та ембріоїдів) має температура та кількість опадів у фазу виходу у трубку, коли здійснюється добір колосся для маніпуляцій *in vitro*. Колосся, дібране з рослин, ріст і розвиток яких відбувався за знижених та помірних температур (10–20°C), містило більш крупні пиляки та краще витримувало

попередню обробку за низьких позитивних температур, а мікроспори характеризувалися більш високим морфогенетичним потенціалом за культивування пиляків *in vitro*. Аналіз погодних умов, які склалися впродовж останніх 25 років проведення досліджень, показав, що у половини з них гідротермічний режим впродовж фаз куціння та вихід у трубку був сприятливим для росту і розвитку рослин ярого ячменю. Зокрема, у період добору колосся переважала помірно тепла або прохолодна погода, яка сприяла одержання рослинного матеріалу належної якості.

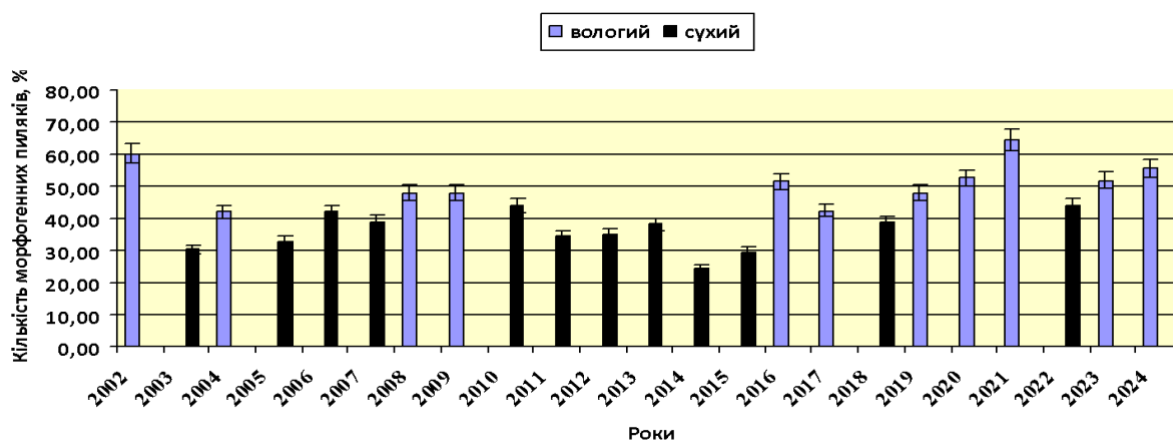


Рис. 1. Індукція морфогенних структур у культурі пиляків *in vitro* лінії ярого ячменю DH00-126 в залежності від умов вирощування рослин-донорів пиляків

Оскільки у зв'язку із змінами клімату немає підстав сподіватися на покращення гідротермічного режиму, на нашу думку, заслуговують на увагу результати багаточисленних досліджень зі збільшення стресостійкості рослин до несприятливих чинників довкілля, насамперед високих температур та посухи, шляхом обробки насіння перед сівбою (праймінг) [11] та фоліарної обробки рослин у певні фази розвитку речовинами із стреспротекторною дією [12]. Ці дослідження, вірогідно, не є актуальними для лабораторій, що мають можливість вирощувати донорні рослин у контрольованих умовах. Але за вирощування матеріалу в умовах відкритого ґрунту такі екзогенні обробки можуть нівелювати негативний вплив несприятливих для росту і розвитку рослин чинників і підвищити якість і морфогенетичний потенціал експлантів.

Зважаючи на останні дані щодо позитивного впливу речовин із антиоксидантною активністю на життєздатність мікроспор в умовах *in vitro* [13], можна зробити припущення про перспективність застосування антиоксидантів і стреспротекторів також на етапі попередньої обробки колосся чи ізольованих пиляків.

Не менш важливою проблемою є вирощування рослин-регенерантів і одержання їхнього насіннєвого потомства. За вирощування донорних рослин в умовах відкритого ґрунту в зоні Східного Лісостепу України, який знаходиться у недостатньо вологій, теплій зоні [14], за сівби в оптимальні для ярого ячменю строки одержані у культурі пиляків *in vitro* рослини-регенеранти мають бути пересаджені з пробірки у посудини з ґрунтовою сумішшю, починаючи з липня. І цей важливий етап гаплоїдної технології також потребує дотримання оптимального температурно-світлового режиму для максимальної насіннєвої продуктивності рослин-регенерантів Fo, який можуть забезпечити лише умови штучного клімату. За відсутності таких умов пересадка рослин-регенерантів у посудини з ґрунтовою сумішшю можлива лише наприкінці вересня, коли денна температура у теплиці знижується до 20–25°C. Після проходження фази куціння впродовж жовтня–листопада рослини-регенеранти мають завершити вегетацію у зимовий період вже за штучного освітлення у кліматичних камерах або світлових кімнатах.

З огляду на загрозу відключення електроенергії та складність підтримання необхідних параметрів штучного клімату у світловій кімнаті в автоматичному режимі, відсутність опалення, а також з міркувань енергозбереження у 2023–2025 рр. нами було досліджено можливість вирощування рослин-регенерантів ячменю в осінньо-зимовий період за енергозберігаючого режиму. При плануванні цих робіт до уваги було взято практику підтримання колекцій генетичних ресурсів рослин *in vitro* за субоптимального температурно-світлового режиму (низька освітленість та

знижена температура) з метою сповільнення ростових процесів і збільшення інтервалу між пересадками [15].

Впродовж вересня–грудня рослини вирощували у неопалюваній теплиці за природного освітлення, де поступове зниження температури (вночі до 12 – 14°C), починаючи із II декади жовтня, сприяло куцінню (рис.2 а), а подальше зниження нічних і денних температур до 5–8°C дозволило провести яровизацію ДН-ліній, які мали у родоводі *H. spontaneum*.



а



б

Рис. 2. Вирощування рослин-регенерантів ячменю, одержаних методом культури пиляків *in vitro*, у теплиці в осінній період (а) та світловій кімнаті у зимово-весняний період (б)

На початку грудня 2023 р. рослини-регенеранти після вирощування у теплиці було розділено на дві однакові групи (приблизно по 300 рослин). Першу групу вирощували в опалюваному приміщенні за температури від 20°C до 24 °C (день), 12–15°C (ніч) освітленості 10 кЛк, фотоперіоді 14 годин. Друга група була перенесена у неопалювану світлову кімнату (рис. 2б) для вирощування за температури від 10°C до 12°C (день) та від 5°C до 7°C (ніч), за такої ж освітленості та фотоперіоду.

Спостереження показали, що за умов відносно високої температури, але низької освітленості спостерігалися пригнічення ростових процесів та масова загибель рослин. Натомість низька температура сприяла збереженню у

життєздатному стані більш ніж 90 % рослин. Такі умови вегетації також сповільнювали ріст і розвиток рослин. Але, власне, це і було метою застосування низькотемпературного режиму і освітлення низької інтенсивності за відсутності можливостей для роботи кліматичних камер через високі енерговитрати. У III декаді березня рослини були перенесені до теплиці для одержання насіннєвого потомства. Високу збереженість рослин-регенерантів (95 %) за вирощування у субоптимальних умовах підтверджено у 2025 р.

Було проведено розрахунки спожитої електроенергії з урахуванням кількості рослин-регенерантів, які вирощувалися в зимовий період, тривалості їх перебування за штучного освітлення та використання люмінесцентних ламп Osram L 36 Вт замість газорозрядних ламп ДРЛ 750 Вт. Енерговитрати за використання ламп Osram L 36 Вт становили близько 600 кВт. Натомість за використання більш потужних джерел освітлення цей показник збільшився б до 2500 кВт. Але з іншого боку, таке інтенсивне освітлення дозволило б одержати насіннєве потомство рослин-регенерантів Ro для сівби навесні поточного року, а не наступного. Вочевидь, найбільш сучасним шляхом вирішення проблеми вирощування рослин, одержаних за допомогою культури *in vitro*, в умовах штучного клімату є використання методології та технологічних рішень швидкої селекції (speed breeding) [16], зокрема, застосування світлодіодних (LED) фітоламп з оптимальним спектром, що за високої енергоефективності забезпечують істотне скорочення тривалості вегетаційного періоду і високу насіннєву продуктивність.

Список використаних джерел:

1. Sivanesan, I., Nayeem, S., Venkidasamy, B., Kuppuraj, S. P., Rn, C., & Samynathan, R. Genetic and epigenetic modes of the regulation of somatic embryogenesis: A review. *Biologia Futura*. 2022. Vol. 73, No. 1. P. 259–277.
2. Maluszynski M. et al. Dordrecht: Kluwer academic publishers, 2003. 429 p.
3. Kasha, K.J., Simion, E., Oro, R., Yao, Q.A., Hu, T.C., and Carlson, A.R., An Improved *in vitro* Technique for Microspore Culture of Barley. *Euphytica*. 2000. Vol. 120, No. 3. P. 319–385.
4. Foroughi-Wehr B., Mix G. *In vitro* response of *Hordeum vulgare* L. anthers cultured from plants grown under different environments *Inviron. and Exp. Bot.* 1979. Vol. 19. P. 303–309.
5. Lantos, C., Markó, F., Mihály, R., & Pauk, J. Comparative analyses of green plantlet regeneration in barley (*Hordeum vulgare* L.) anther culture. *Agriculture*. 2024. Vol. 14. Article: 1440.
6. Esteves P., Belzile F. Improving the efficiency of isolated microspore culture in six-row

spring barley: I-optimization of key physical factors *Plant Cell Rep.* 2014. Vol. 33, No. 6. P. 993–1001. 7. Makovska K. et al. *Plant Cell. Tiss. Organ Cult.* 2017. V. 131. P. 247–257. 8. Foroughi-Wehr B., Friedt W. Rapid production of recombinant barley yellow mosaic virus resistant *Hordeum vulgare* lines by anther culture. *Theor Appl. Genet.* 1984. Vol. 67. P. 377–382. 9. Bilynska O.V. Influence of spike pretreatment at low temperatures on efficiency of spring barley haploid production in anther culture in vitro. *Problems of Cryobiol. and Cryomed.* 2020. Vol. 30 (1). P. 68–76. 10. Zambriborshch I. et al. *Cer. Res. Com.* 2024. V. 52, P. 1713–1722. 11. Ravi Dixit, C L Maurya, Shravan Kumar, Keshav Babu, Shrigovind, Vineet Dixit, Anuj Kumar Yadav Influence of Seed Priming Treatments on Yield Attributes, Seed Yield and Economic Returns of Barley (*Hordeum vulgare* L.) *J. Exp. Agric. Inter.* 2024. Vol. 46, No. 9. P. 205–214. 12. Malaga S. et al. *Plant Growth Regul.* 2020. V. 90, N1. P. 173–188 13. Niazian, M., & Shariatpanahi, M. E. In vitro-based doubled haploid production: recent improvements. *Euphytica.* 2020. Vol. 216, No. 5. Article: 69. 14. Дмитренко В. П., Круківська А. В. Основи мезомасштабного агрокліматичного районування території на засадах математико-картографічного методу. *Наук. праці УкрНДГМІ.* 2005. Вип. 254. С. 135–152. 15. Engelmann F. Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity *Cell Dev. Biol. Plant.* 2011. Vol. 47. P. 5–16. 16. Wanga M.A., Shimelis H., Mashilo J., Laing M.D. Opportunities and challenges of speed breeding: A review. *Plant Breeding.* 2021. Vol. 140. Is. 2. P. 185–194.

ВПЛИВ РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ НА МІКРОБІОЛОГІЧНУ СТАБІЛЬНІСТЬ ЗДОБНОГО ПЕЧИВА

Стукало М.О., Грегірчак Н.М. (м.Київ)

Здобне печиво є одним із найбільш поширених видів борошняних кондитерських виробів масового споживання, завдяки високим органолептичним властивостям, широкому асортименту та тривалому терміну зберігання. Проте забезпечення його мікробіологічної стабільності залишається актуальним питанням для харчової промисловості, особливо в умовах підвищення вимог до безпечності та якості продукції. Глобальна тенденція до «чистої етикетки» (*clean label*) означає відмову виробників від синтетичних консервантів і штучних добавок на користь натуральних альтернатив. Цей підхід відповідає очікуванням сучасного споживача, але водночас створює додаткові технологічні ризики, пов'язані з можливим скороченням термінів придатності продукту. Саме тому виробники змушені шукати нові рішення - здатні виконувати роль природних бар'єрів проти мікробного псування, не погіршуючи органолептичних характеристик виробу. Здобне печиво, з високим

вмістом жирів та цукру, є відносно стабільним продуктом, проте залишається вразливим до розвитку пліснявих грибів (*Aspergillus*, *Penicillium*) та ліполітичного псування. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю балансування між «чистою етикеткою» (відмовою від синтетичних консервантів) та дотриманням суворих вимог міжнародних стандартів, таких як ISO 22000 та принципи HACCP, щодо мікробіологічної безпеки готової продукції.

Сучасні наукові дослідження підтверджують, що мікробіологічна стабільність здобного печива безпосередньо залежить від багатofакторної системи, яка визначається не лише складом рецептури, а й синергічною взаємодією її компонентів. Ключовим фактором, що визначає мікробіологічну стійкість здобного печива, є показник активності води (a_w). Для більшості видів здобного печива a_w коливається в межах 0,3–0,5, що теоретично унеможливорює ріст бактерій. Проте нерівномірний розподіл вологи в багатокомпонентних системах (наприклад, у печиві з начинками) може створювати локальні зони з $a_w > 0,65$. Саме в таких зонах виникає високий ризик розвитку ксерофільних пліснявих грибів - специфічних мікроорганізмів, здатних рости навіть у дуже сухому середовищі. Згідно з останніми дослідженнями, ксерофільні види роду *Aspergillus* здатні розвиватися при a_w нижче 0,80, що робить їх особливо небезпечними для кондитерських виробів середньої вологості [6]. Ці організми не лише руйнують органолептичні властивості продукту, а й продукують мікотоксини, здатні становити загрозу для здоров'я споживачів. Це обумовлює необхідність застосування спеціальних технологічних підходів для стабілізації вологісного стану виробу протягом усього терміну зберігання.

Слід зазначити, що основні компоненти сировини мають різний вплив на забезпечення стабільності (табл.). Висока концентрація сахарози традиційно виконує роль осморегулятора, знижуючи активність вільної вологи і таким чином обмежуючи розвиток мікроорганізмів. Однак сучасні дослідження

відкривають нові можливості: застосування поліолів - зокрема еритритолу та ксилітолу - не лише дозволяє зменшити калорійність виробу, але й забезпечує виражений антимікробний ефект.

На відміну від сахарози, поліоли значно гірше ферментуються мікрофлорою псування, що фактично позбавляє мікроорганізми поживного субстрату. Проведені дослідження підтверджують, що еритритол і ксилітол достовірно стабілізує значення рН і a_w в печиві навіть у процесі тривалого зберігання - протягом 9–12 місяців - покращуючи вершковий аромат і текстуру у порівнянні із сахарозовими аналогами, інгібуючи ріст осмофільних дріжджів та бактерій [1].

Жири виконують подвійну функцію в структурі здобного печива: по-перше, вони формують гідрофобний бар'єр, що сповільнює міграцію вологи всередині виробу; по-друге, вони безпосередньо впливають на текстуру та органолептичні властивості готового продукту. Водночас використання жирів з підвищеним вмістом поліненасичених жирних кислот вимагає обов'язкового введення антиоксидантного захисту.

Натуральні рослинні екстракти - зокрема екстракти розмарину та чебрецю, багаті на поліфеноли та терпеноїди – виявляють виражений синергетичний ефект: одночасно пригнічують окиснення ліпідів і проявляють пряму антифунгальну активність проти *Aspergillus* та *Penicillium* [2, 7]. Це робить їх особливо привабливими для застосування в рецептурах «чистої етикетки», де відмова від синтетичних консервантів є принциповою умовою позиціонування продукту.

Відповідно до Регламенту (ЄС) № 1333/2008, застосування сорбінової та пропіонової кислот залишається стандартизованим підходом у кондитерській галузі для запобігання росту пліснявих грибів. Механізм їх дії ґрунтується на порушенні цілісності клітинних мембран мікроорганізмів і закисленні цитоплазми, що призводить до незворотного пригнічення метаболізму. Разом з

тим сучасним науковим і технологічним трендом є застосування продуктів метаболізму молочнокислих бактерій - зокрема метаболітів *Lactococcus lactis*, що містять нізин та органічні кислоти. Такий біопревентивний підхід дозволяє забезпечити мікробіологічну стабільність продукту без використання синтетичних хімічних консервантів [3].

Інулін та інші розчинні харчові волокна виконують надзвичайно важливу технологічну функцію - завдяки численним гідроксильним групам у своїй структурі вони утворюють гелеподібні комплекси з молекулами води, суттєво змінюючи механізм зв'язування вологи в тісті та кінетику її міграції в готовому виробі при зберіганні. [8] Зокрема, додавання інуліну та вівсяного волокна до тіста для печива достовірно змінює профіль і швидкість втрати вологи, а сам інулін демонструє унікальну поведінку завдяки здатності формувати мікрокристалічні структури у розчині, що суттєво знижує доступність вільної вологи для крохмальних гранул [4]. Паралельно з цим підвищена вологоутримуюча здатність харчових волокон забезпечує стабільність показника a_w по всьому діапазону його значень у процесі зберігання, а текстурні зміни виробу залишаються мінімальними навіть при тривалому зберіганні [5]. Це дозволяє не лише запобігти локальному підвищенню a_w до критичних значень, а й суттєво пролонгувати споживчу якість готового виробу.

Таблиця

Вплив компонентів на мікробіологічну стабільність здобного печива

Компонент / Фактор	Механізм впливу на мікробіоту	Технологічний ефект	Література
Цукри та поліоли (еритритол, ксилітол)	Зниження активності води (a_w) та створення високого осмотичного тиску	Пригнічення росту бактерій та обмеження розвитку осмофільних дріжджів	[1]
Натуральні антиоксиданти (екстракти розмарину, чебрецю)	Антирадикальна дія та пряме інгібування пліснявих грибів (<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i>)	Запобігання ліполітичному псуванню (прогірканню) та мікотоксигенному ризику	[2], [9]

Органічні кислоти та солі (пропіонати, сорбати)	Руйнування клітинних мембран чутливих мікроорганізмів та зміна внутрішньоклітинного рН	Хімічне консервування, регламентоване ISO 22000 та Регламентом (ЄС) № 1333/2008	[3]
Харчові волокна та пребіотики	Зміна зв'язування вологи в тісті (вплив на кінетику міграції вологи)	Формування текстури та стабілізація показника a_w під час зберігання	[4], [5]

Отже, мікробіологічна стабільність здобного печива не може бути забезпечена одним окремим інгредієнтом - вона є результатом комплексної системної взаємодії всіх компонентів рецептури, які регулюють активність вільної вологи, окисні процеси та мікробний баланс системи. Встановлено, що цілеспрямований перехід до натуральних антиоксидантів та осмотично активних речовин дозволяє підтримувати високий рівень безпечності продукту відповідно до вимог Codex Alimentarius, забезпечуючи при цьому «чисту» рецептуру без синтетичних консервантів.

Ефірні олії чебрецю та розмарину, еритритол, ксилітол, органічні кислоти мікробного походження та інулін є науково обґрунтованими перспективними функціональними інгредієнтами для вдосконалення рецептур здобного печива зі збільшеним терміном зберігання. Кожен з них забезпечує власний механізм захисту: поліоли знижують a_w та осмотично інгібують мікроорганізми; рослинні екстракти пригнічують ліполітичне та мікологічне псування; молочнокислі бактерії реалізують принцип «Bio-preservation»; а харчові волокна стабілізують вологісний стан системи і текстурні характеристики виробу при зберіганні. Комбінування цих підходів у рамках концепції “hurdle technology” відкриває широкі перспективи для розробки нових поколінь функціонального здобного печива з покращеними показниками безпечності та якості.

Список використаних джерел:

1. Rutkowska, J., et al. Comparison of Storage-Related Volatile Profiles and Sensory Properties of Cookies Containing Xylitol or Sucrose. Foods. 2023. Vol. 12, No. 23. Article: 4270.

<https://doi.org/10.3390/foods12234270> 2. Nieto, G., et al. Applications of Plant Bioactive Compounds as Replacers of Synthetic Additives in the Food Industry. *Foods*. 2024. Vol. 13, No. 1. Article: 47. <https://doi.org/10.3390/foods13010047> 3. Liu, A., et al. Antifungal Mechanisms and Application of Lactic Acid Bacteria in Bakery Products: A Review. *Frontiers in Microbiology*. 2022. Vol. 13. Article: 924398. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.924398> 4. Blanco Canalis, M.S., León, A.E., & Ribotta, P.D. Incorporation of dietary fiber on the cookie dough. Effects on thermal properties and water availability. *Food Chemistry*, 2019. Vol. 271. P. 309–317. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.146> 5. Garcia-Amezquita, L.E., et al. Substitution of Wheat Flour by Extrudate Orange Peel Dietary Fiber Concentrate in Biscuits: Changes in Mixolab Thermomechanical Behavior, Flour Technofunctionality, and Water Sorption Isotherm Properties. *International Journal of Food Science*. 2025. Vol. 2025. Article: 1657293 <https://doi.org/10.1155/ijfo/1657293> 6. Pócsi, I., et al. Biotechnological Potential of Salt Tolerant and Xerophilic Species of *Aspergillus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2024. Vol. 108, No. 1. Article: 521. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13338-5> 7. Caleja, C., Barros, L., Antonio, A. L., Oliveira, M. B. P., & Ferreira, I. C. A comparative study between natural and synthetic antioxidants: Evaluation of their performance after incorporation into biscuits. *Food Chemistry*, 2017. Vol. 216. P. 342–346. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.075> 8. Ansari, F., Colombo Pimentel, T., Pourjafar, H., Ibrahim, S.A., & Jafari, S.M. The Influence of Prebiotics on Wheat Flour, Dough, and Bread Properties; Resistant Starch, Polydextrose, and Inulin. *Foods*. 2022. Vol. 11, No. 21. Article: 3366. <https://doi.org/10.3390/foods11213366> 9. Caleja, C., Barros, L., Antonio, A. L., Oliveira, M. B. P., & Ferreira, I. C. F. R. A comparative study between natural and synthetic antioxidants: Evaluation of their performance after incorporation into biscuits. *Food Chemistry*. 2017. Vol. 216. P. 342–346. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.075>

GANODERMA LUCIDUM – «ГРИБ БЕЗСМЕРТЯ»: ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ КЛІНІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Левченко В.А., Пилипенко Д.М. (м. Харків)

У світі, де стрес та сучасний ритм життя виснажують імунну систему, зростає попит на ефективні альтернативи для підтримки здоров'я. Сучасна фармакологія розглядає макроміцети як багате джерело природних біологічно активних сполук. Одним з найбільш перспективних об'єктів є *Ganoderma lucidum*.

Ganoderma lucidum – це вид гриба, що належить до родини *Ganodermataceae*, поширений у тропічних та помірних регіонах Європи, Північної Америки та Азії. Він відомий як «лінчжі» в Китаї та «рейші» в Японії, його називають «грибом безсмертя», «грибом духовної сили» та «духовною рослиною». Плодове тіло *G. lucidum* має темну блискучу зовнішню поверхню

та дерев'янисту текстуру. *G. lucidum* є сапротрофом, мешкаючи на різних деревах, переважно біля основи стовбурів широколистяних, рідше хвойних дерев, спричиняє гниття деревини [1].

G. lucidum рідко збирають у природі. Щоб задовольнити ринковий попит, гриб культивують переважно на дровах або тирсі в пластикових пакетах або пляшках [2]. Процес культивування *G. lucidum* можна розділити на два етапи: культивування міцелію та отримання плодових тіл. Культивування міцелію включає інокуляцію міцелію на попередньо стерилізоване рідке або тверде поживне середовище, доповнене необхідними поживними речовинами, гормонами, вітамінами тощо. Після повної колонізації міцелій переносять у мішок для культивування, що містить суміш субстрату. Оптимальні параметри навколишнього середовища, включаючи контрольовану температуру (22–25 °C під час колонізації, 25–28 °C для прискореного росту), рівень вологості (60–70 % під час плодоношення, 90–95 % для розвитку зачатків) та умови низької освітленості, є вирішальними на всіх етапах культивування. На етапі вивільнення спор плодові тіла поміщають у паперові пакети, закріплені гумовими стрічками, що вимагає контрольованого середовища з температурою 24 °C, вологістю 85 % та належною вентиляцією. Подальший процес пакування та збору спорового порошку триває приблизно 1 місяць, завершуючи обережним видаленням паперового пакета під час збору та обережним розтиранням спорового порошку в контейнери перед відділенням плодового тіла. Руйнування зовнішньої оболонки *G. lucidum* полегшує вивільнення біологічно активних речовин, що підвищує ефективність екстракції та покращує їх біодоступність для організму людини [3, 5].

Плодове тіло гриба на 90 % складається з води. У сухому залишку (10 %) міститься складний комплекс поживних і біологічно активних речовин: 26–28 % вуглеводів, 59 % клітковини, 7–8 % білків, 3–5 % сирого жиру та 1,8 % мінеральної золи. Він також багатий на мінерали, зокрема калій, фосфор,

кальцій, магній, селен, цинк і залізо. Ключовими біологічно активними компонентами є полісахариди, тритерпеноїди (зокрема ганодерикові кислоти). Фенольні сполуки, білки, стероли, нуклеотиди, глікопротеїни та пептиди доповнюють біологічно активний профіль. Завдяки своєму хімічному складу, *G. lucidum* проявляє широкий спектр фармакологічних властивостей: антиоксидантну, імуномодулюючу, протизапальну, антибактеріальну, антинейродегенеративну, антидіабетичну та протиракову активність [4].

Особливу увагу приділяють протираковим властивостям *G. lucidum*, які пояснюються переважно наявністю полісахаридів та тритерпенів. Полісахариди *G. lucidum* проявляють протиракову активність шляхом пригнічення росту пухлин і їх метастазування, а також за рахунок посилення імунної функції організму. Це досягається через різні механізми, зокрема антипроліферативний, проапоптотичний, антиметастатичний, антиангіогенний, протизапальний, антиоксидантний та імуномодулюючий ефекти.

Клінічні дослідження підтверджують ефективність *G. lucidum*. Зокрема, було проведено два рандомізовано контрольованих дослідження з метою вивчення впливу екстракту *G. lucidum* на онкологічних пацієнтів. У першому дослідженні участь брали 134 пацієнти з запущеними формами раку, які отримували 1800 мг/день протягом 12 тижнів – у 80 % спостерігалось покращення клітинного імунітету (рівні інтерлейкіну, інтерферону та активність NK-клітин). У другому дослідженні у 68 пацієнтів з раком легень також покращилися показники Т- та NK-клітин, а якість життя за шкалою Карновського покращилася у 65 % пацієнтів [4].

Важливим аспектом застосування *G. lucidum* є його безпечність. Експериментальні дослідження на тваринних моделях підтверджують широкий спектр його фармакологічної активності, що робить цей гриб перспективним об'єктом сучасної медицини та дієтології. Серед іншого, встановлено, що пероральне введення водного екстракту *G. lucidum* мишам у дозі 5000 мг/кг

протягом 30 днів не спричиняє змін маси тіла, органів чи гематологічних показників. Крім того, екстракт *G. lucidum* у дозі, еквівалентній 220 г/кг, не викликає хромосомних пошкоджень або цитотоксичних ефектів у лімфоцитах мишей. Отримані результати свідчать про безпечність водного екстракту *G. lucidum* та його полісахаридів у дослідженнях на тваринах [1].

Завдяки здатності регулювати метаболічні шляхи та клітинні процеси, *G. lucidum* широко використовується у виробництві: харчових добавок, лікувальних чаїв та фармацевтичних препаратів. Продукти виготовляються з різних частин гриба – міцелію, спор та плодового тіла, що дозволяє максимально використовувати його унікальний біологічно активний профіль для профілактики та комплексної терапії хронічних захворювань [4].

Отже, *Ganoderma lucidum* є унікальним представником грибів родини *Ganodermataceae*, який поєднує в собі широкий біохімічний склад та фармакологічну активність. Завдяки вмісту полісахаридів, тритерпеноїдів та інших біологічно активних сполук *G. lucidum* є перспективним засобом для профілактики й комплексного лікування хронічних захворювань. Сучасні технології екстракції підвищують біодоступність його активних компонентів і розширюють можливості застосування у фармацевтиці, функціональному харчуванні та косметології. Водночас, незважаючи на значний потенціал, необхідні подальші дослідження для підтвердження клінічної ефективності, оптимізації застосування та оцінки безпеки.

Список використаних джерел:

1. Sohretoglu, D., & Huang, S. *Ganoderma lucidum* Polysaccharides as An Anti-cancer Agent. *Anti-cancer agents in medicinal chemistry*. 2018. Vol. 18, No. 5. P. 667–674. <https://doi.org/10.2174/1871520617666171113121246>
2. Oke, M. A., Afolabi, F. J., Oyeleke, O. O., Kilani, T. A., Adeosun, A. R., Olanbiwoninu, A. A., & Adebayo, E. A. *Ganoderma lucidum: Unutilized natural medicine and promising future solution to emerging diseases in Africa*. *Frontiers in pharmacology*. 2022. Vol. 13. Article: 952027. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.952027>
3. Du, Y., Tian, L., Wang, Y., Li, Z., & Xu, Z. *Chemodiversity, pharmacological activity, and biosynthesis of specialized metabolites from medicinal model fungi Ganoderma lucidum*. *Chinese medicine*. 2024. Vol. 19. No. 1. Article: 51. <https://doi.org/10.1186/s13020-024-00922-0>
4. Wachtel-Galor, S., Yuen, J., Buswell, J. A., & Benzie, I. F. F. *Ganoderma lucidum* (Lingzhi or Reishi): A Medicinal Mushroom. In I. F. F. Benzie (Eds.) et. al., *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects*. (2nd ed.).

CRC Press/Taylor & Francis. 2011 5. Plosca, M. P., Chiş, M. S., Fărcaş, A. C., & Păucean, A. *Ganoderma lucidum-From Ancient Remedies to Modern Applications: Chemistry, Benefits, and Safety. Antioxidants* (Basel, Switzerland). 2025. Vol. 14, No. 5. Article: 513. <https://doi.org/10.3390/antiox14050513>

НАДЛИШКОВА АДІАБАТИЧНА СТИСЛИВІСТЬ ТА НАДЛИШКОВИЙ АКУСТИЧНИЙ ІМПЕДАНС ВОДНИХ РОЗЧИНІВ СОРБІТУ

Саєнко О.В. (м. Полтава)

Дослідження акустичних властивостей розчинів органічних речовин є ключовим інструментом для розуміння міжмолекулярних взаємодій у живих системах та розробки нових технологій у харчовій і фармацевтичній промисловості. Серед таких об'єктів на особливу увагу заслуговує сорбіт (гексагідридний спирт, поліол), який широко застосовується як вологоутримуючий агент, стабілізатор та дієтичний підсолоджувач. У водних розчинах конформаційна гнучкість сорбіту та наявність шести гідроксильних груп зумовлюють складну мережу водневих зв'язків із молекулами розчинника.

Вивчення акустичних параметрів, зокрема швидкості поширення звуку, дозволяє з високою точністю розрахувати адіабатичну стисливість системи. Ця величина є надзвичайно чутливою до структурних перебудов, геометричного упорядкування та гідратаційних ефектів навколо молекул розчиненої речовини. Аналіз парціальних молярних об'ємів та парціальної адіабатичної стисливості сорбіту за нескінченного розведення вказує на виражену структурувальну здатність цього поліолу щодо водної матриці [1, 2]. Водночас взаємодія сорбіту з ко-солютами суттєво модулює гідратаційну оболонку, змінюючи мікроструктуру розчину [2].

Проте для повного опису відхилення реального розчину від ідеальної моделі найінформативнішими показниками є надлишкова адіабатична стисливість (β_S^E) та надлишковий акустичний імпеданс (Z^E) [1, 3]. Значення надлишкових функцій відображають баланс між руйнуванням власних

асоціатів чистих компонентів та утворенням нових гетероасоціатів [1, 4]. Математичний опис таких відхилень проводять з використанням поліномів Редліха-Кістера [1, 5].

Незважаючи на наявність у літературі розрізнених даних щодо об'ємних властивостей сорбіту [2, 4], систематичні та прецизійні дослідження саме надлишкових функцій (β_S^E та Z^E) в широкому інтервалі концентрацій часто обмежені або базуються на застарілих методологіях. Отримання надійних фундаментальних характеристик потребує безпосереднього проведення високоточних експериментів.

У цій роботі, на основі експериментальних даних [6] про густину та швидкості поширення звуку, проведено розрахунки надлишкової адіабатичної стисливості та надлишкового акустичного імпедансу водних розчинах сорбіту, у широкому інтервалі концентрацій (до 70 мас.%) та температур (293 ÷ 333 K).

За експериментальними даними густини (ρ) та швидкості поширення ультразвукових хвиль (u) водних розчинів сорбіту було розраховано адіабатичну стисливість (β_S) та питомий акустичний імпеданс (Z) за відомими гідродинамічними рівняннями:

$$\beta_S = \frac{1}{\rho u^2}$$

$$Z = \rho u$$

Для визначення ступеня відхилення досліджуваної системи від ідеального стану розраховували надлишкову адіабатичну стисливість (β_S^E) та надлишковий акустичний імпеданс (Z^E). Проте, оскільки за умов експерименту чистий сорбіт перебуває у кристалічному стані, безпосереднє визначення термодинамічних параметрів його рідкої фази є неможливим [2, 4].

Для подолання цього обмеження ми скористалися концепцією ефективних мольних властивостей розчинів. Широкий концентраційний діапазон проведених нами вимірювань (до 70 мас.%; $x_2 = 0.187$ м.д.) дозволив

мінімізувати похибку екстраполяції. Значення густини (ρ_2) та швидкості звуку (u_2) для чистого сорбіту в гіпотетично рідкому (переохолодженому) стані визначали шляхом математичної апроксимації та екстраполяції концентраційних залежностей парціальних об'ємів до точки повної концентрації поліолу ($x_2=1$). Екстрапольовані значення склали:

$$T = 293 \text{ K}; \rho_2 = 1,3173 \text{ г/см}^3; u_2 = 1203.8 \text{ м/с};$$

$$T = 313 \text{ K}; \rho_2 = 1,3104 \text{ г/см}^3; u_2 = 1338.8 \text{ м/с};$$

$$T = 333 \text{ K}; \rho_2 = 1,2704 \text{ г/см}^3; u_2 = 1381.2 \text{ м/с};$$

Розрахунок ідеальних параметрів порівняння здійснювали за принципом термодинамічної адитивності відносно мольних часток компонентів розчину [1,5]:

$$\beta_{sid} = x_1\beta_{s1} + x_2\beta_{s2},$$

$$Z_{id} = x_1Z_1 + x_2Z_2$$

де x_1 та x_2 – мольні частки води та сорбіту відповідно; β_{s1} , Z_1 , β_{s2} , Z_2 – адіабатична стисливість і акустичний імпеданс чистої води та ефективні значення для чистого рідкого сорбіту відповідно.

Надлишкові функції обчислювали як різницю між експериментальними параметрами реального розчину та їх ідеальними аналогами [1, 3]:

$$\beta_S^E = \beta_S - \beta_{sid}$$

$$Z^E = Z - Z_{id}$$

Для математичного опису концентраційних залежностей надлишкових функцій та їхнього згладжування було використано алгебраїчний поліном Редліха-Кістера [7]:

$$Y^E = x_1x_2 \sum_{i=0}^n A_i (x_1 - x_2)^i,$$

де Y^E – відповідна надлишкова функція, а A_i – підгоночні параметри полінома, які знаходять за допомогою методу найменших квадратів. Критерієм точності апроксимації є мінімізація середньоквадратичного відхилення (σ) [8].

У таблиці 1 представлені результати розрахунків β_S , β_S^E , Z , Z^E .

Із представлених у таблиці 1 даних бачимо, що за температури $T = 293 \text{ K}$ і концентрації $x_2 = 0,1875$ м.д. система демонструє максимальні відхилення від термодинамічної ідеальності. Дзеркальна поведінка величин ($\beta_S^E < 0$ і $Z^E > 0$) свідчить про утворення високоасоційованої, жорсткої структури розчину. Мінімальний тепловий рух сприяє повній реалізації водневих зв'язків між шістьма ОН-групами сорбіту та водною матрицею, зумовлюючи ефект «стиснення» вільного об'єму розчину.

Таблиця 1

Акустичні параметри та надлишкові функції системи «сорбіт – вода»

T, K	x_2 , м. д.	β_S , 10^{-11} Па^{-1}	β_S^E , 10^{-11} Па^{-1}	Z , $10^6 \text{ кг/м}^2 \text{ с}$	Z^E , $10^6 \text{ кг/м}^2 \text{ с}$
293	0.1875	20.29	-29.62	2.523	+1.023
	0.0619	30.23	-17.62	1.954	+0.467
	0.0	45.55	0.0	1.480	0.0
313	0.1875	21.06	-21.74	2.463	+0.901
	0.0619	29.99	-12.96	1.953	+0.422
	0.0	43.11	0.0	1.517	0.0
333	0.1875	21.78	-19.86	2.413	+0.845
	0.0619	30.04	-11.93	1.944	+0.406
	0.0	42.33	0.0	1.524	0.0

Підвищення температури призводить до монотонного згасання абсолютних значень надлишкових функцій. Так, за максимальної досліджуваної температури відхилення стисливості зменшується до $\beta_S^E = -19,86 \cdot 10^{-11} \text{ Па}^{-1}$. Це зумовлено зростанням теплового руху, який частково руйнує гідратні оболонки.

Згідно з конформаційними моделями гідратації поліолів, за вищих температур молекула сорбіту схильна набувати зігнутих (*bent*) конформацій [2, 9]. Це активує внутрішньомолекулярні водневі зв'язки (наприклад, між ОН-групами біля С-2 та С-4), «вимикаючи» частину активних центрів із взаємодії з розчинником. Вивільнена вода переходить в об'єм вільного розчинника, роблячи структуру розчину більш пухкою та піддатливою до стиснення.

Монотонний характер отриманих залежностей без S-подібних перегинів аж до найвищих концентрацій доводить, що у дослідженому контурному просторі не відбувається фазових розшарувань, а система плавно еволюціонує від водного каркаса з ізольованими молекулами поліолу до суцільної сітки інтерполяційних гетероасоціатів.

Список використаних джерел:

1. Marigliano A. C., Solimo H. N. An interpretative model for the anomalous behavior of some excess compressibilities in binary liquid mixtures. *The Journal of Chemical Physics*. 2007. Vol. 126, No. 22. Article: 224508.
2. Warمیńska D. Effect of Amino Acids and Sodium Chloride on d-Sorbitol in Aqueous Solutions at Different Temperatures: Volumetric and Acoustic Approach. *Journal of Solution Chemistry*. 2018. Vol. 47. P. 1234–1248.
3. Estimation of acoustic impedance, its excess value and molar sound velocity of the binary mixture of 2-Butanol and m-Xylene for different compositions at different temperatures / M. S. Islam et al. *Indonesian Journal of Chemistry*. 2020. Vol. 20, No. 3. P. 501–510.
4. Banipal T. S., Sharma S., Lark B. S., Banipal P. K. Thermodynamic and transport properties of sorbitol and mannitol in water and in mixed aqueous solutions. *Indian Journal of Chemistry*. 1999. Vol. 38A, No. 11. P. 1106–1115.
5. Dzida M. The characteristic acoustic impedance of the thermodynamic ideal mixture. *Journal of Molecular Liquids*. 2021. Vol. 325. Article: 115160.
6. Саєнко Р. О., Саєнко О. В., Свечнікова О. С. Адіабатична стисливість водних розчинів поліолів. *Український фізичний журнал*. 2021. Т. 66, № 9. С. 779–783.
7. Redlich O., Kister A. T. Algebraic Representation of Thermodynamic Properties and the Classification of Solutions. *Industrial & Engineering Chemistry*. 1948. Vol. 40, No. 2. P. 345–348.
8. Apelblat A. Citations and mathematical models for thermodynamic properties of liquid mixtures: The Redlich-Kister equation. *Journal of Molecular Liquids*. 2018. Vol. 268. P. 902–915.
9. Kawaizumi F., Nomura H., Miyahara Y. Partial molar compressibility and pro-conformation of polyols in aqueous solutions. *Journal of Solution Chemistry*. 1980. Vol. 9, No. 10. P. 727–738. URL.

ТЕХНОЛОГІЯ БІОСИНТЕЗУ СУРФАКТИНУ

Грецький І.О., Коробка І.О., Щербатюк Т.Г. (м. Київ)

У сучасній біотехнології особливу увагу приділяють створенню екологічно безпечних поверхнево-активних речовин природного походження. Одним із найбільш перспективних біосурфактантів є сурфактин – циклічний ліпopeптид, який синтезується бактеріями роду *Bacillus*. Завдяки високій поверхневій активності, здатності до біодеградації та низькій токсичності сурфактин розглядається як альтернатива синтетичним поверхнево-активним речовинам у багатьох галузях промисловості [1].

Основним продуцентом сурфактину є *Bacillus subtilis*. Для біотехнологічного виробництва перспективним вважається штам *B. subtilis* JABs32, який характеризується високою продуктивністю та здатністю до високощільного культивування. Мікроорганізм є грампозитивною спороутворюючою бактерією, що добре адаптується до різних умов середовища та ефективно синтезує вторинні метаболіти [2].

Біосинтез сурфактину здійснюється за участю нерибосомних пептидсинтеаз. Процес накопичення цільового продукту відбувається переважно у пізній експоненціальній та стаціонарній фазах росту культури. Для інтенсивного синтезу сурфактину необхідне підтримання оптимальних умов культивування: температура 37 °С, рН 6,8–7,2, безперервна аерація та активне перемішування середовища [3].

Найбільш ефективним способом отримання сурфактину є глибинне аеробне культивування у ферментерах з використанням fed-batch ферментації (періодичної ферментації з підживленням), яка дозволяє контролювати концентрацію джерел вуглецю та азоту, запобігаючи пригніченню росту клітин і підвищуючи вихід продукту. Як поживне середовище використовують глюкозу, сульфат амонію, фосфатні солі та мікроелементи [2, 4]. Важливу роль у процесі відіграє забезпечення високого рівня розчиненого кисню, що досягається інтенсивною аерацією та перемішуванням.

Технологічна схема виробництва включає підготовку поживного середовища, стерилізацію обладнання, отримання інокуляту, ферментацію та виділення сурфактину з культуральної рідини. Для забезпечення стерильності застосовується термічна стерилізація при температурі 121°C. Підготовка посівного матеріалу здійснюється у декілька стадій – від колб до виробничого ферментера, що забезпечує активний ріст культури та скорочення лаг-фази [4].

Сурфактин характеризується високою поверхневою активністю та здатністю знижувати поверхневий натяг води до 27–30 мН/м. Крім того, він

проявляє антимікробні, противірусні та протигрибкові властивості. Завдяки цьому сурфактин може використовуватись у сільському господарстві для захисту рослин, у фармацевтичній промисловості – як компонент систем доставки лікарських засобів, а також у біоремедіації для очищення ґрунтів і води від нафтових забруднень [1, 5].

Отже, технологія біосинтезу сурфактину на основі *Bacillus subtilis* JABs32 є перспективним напрямом сучасної біотехнології, що поєднує високу ефективність виробництва, екологічну безпечність та широкі можливості практичного застосування.

Список використаних джерел:

1. Banat I. M., Satpute S. K., Cameotra S. S., et al. Cost effective technologies and renewable substrates for biosurfactants' production. *Frontiers in Microbiology*. 2014. Vol. 5. Article: 697. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2014.00697>
2. Klausmann P., Hennemann K., Hoffmann M. et al. *Bacillus subtilis* high cell density fermentation using a sporulation-deficient strain for the efficient production of surfactin. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2021. Vol. 105. P. 4141–4151. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11330-x>
3. Seydlová G., Svobodová J. Review of surfactin chemical properties and the potential biomedical applications. *Central European Journal of Medicine*. 2008. Vol. 3, No. 2. P. 123–133. DOI: <https://doi.org/10.2478/s11536-008-0002-5>
4. Mnif I., Ghribi D. Review lipopeptides biosurfactants: mean classes and new insights for industrial, biomedical, and environmental applications. *Biopolymers*. 2015. Vol. 104, No. 3. P. 129–147. DOI: <https://doi.org/10.1002/bip.22630>
5. Nitschke M., Costa S. G. V. A. O. Biosurfactants in food industry. *Trends in Food Science & Technology*. 2007. Vol. 18, No. 5. P. 252–259. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.01.002>

АНАЛІТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ СІРКОВМІСНИХ КОМПОНЕНТІВ НАФТОВОЇ СИРОВИНИ ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПАЛИВ

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

Сучасна нафтопереробна промисловість функціонує в умовах постійного посилення екологічних вимог до якості моторних палив і зниження рівня токсичних викидів у атмосферу. Одним із найважливіших показників, що визначає екологічні характеристики палив, є вміст сірки та сульфуровмісних сполук. Наявність таких компонентів у нафтовій сировині значною мірою

впливає на процеси транспортування, зберігання та переробки нафти, а також на експлуатаційні властивості готових нафтопродуктів.

Сульфуровмісні сполуки є природними компонентами нафти та представлені широким спектром органічних і неорганічних речовин. До їх складу входять сірководень, меркаптани, сульфіді, дисульфіді, тіофени, бензотіофени, дибензотіофени та інші поліциклічні структури. Їх концентрація може суттєво змінюватися залежно від геологічних умов формування нафтових покладів, типу колекторів, глибини залягання та ступеня катагенетичних перетворень органічної речовини [1].

Присутність сірки в нафті є одним із головних факторів, що визначають її технологічну цінність. Зі збільшенням масової частки сірки ускладнюються процеси первинної та вторинної переробки, зростає навантаження на установки гідроочищення, прискорюється дезактивація каталізаторів і посилюється корозійна агресивність технологічних середовищ [2]. Крім того, сірковмісні компоненти негативно впливають на стабільність палив під час зберігання та можуть сприяти утворенню смолистих відкладень у паливних системах.

Особливої актуальності проблема сірчаності палив набула у зв'язку з упровадженням сучасних екологічних стандартів Євро-5 та Євро-6, які встановлюють надзвичайно жорсткі обмеження щодо вмісту сірки в бензинах і дизельному паливі. Відповідно до чинних вимог, допустимий вміст сірки у моторних паливах не повинен перевищувати 10 мг/кг. Це потребує застосування високоефективних методів очищення нафтової сировини та постійного аналітичного контролю на всіх етапах виробництва [3].

Під час спалювання сірковмісних палив утворюються оксиди сірки, які є одними з основних атмосферних забруднювачів. У присутності водяної пари вони перетворюються на сірчисту та сірчану кислоти, що спричиняє утворення кислотних дощів, деградацію ґрунтів, пошкодження рослинності та корозію

металевих конструкцій [4]. Крім того, оксиди сірки беруть участь у формуванні дрібнодисперсних аерозолів, небезпечних для органів дихання людини.

Не менш важливим є вплив сульфуровмісних сполук на роботу двигунів внутрішнього згоряння [5]. Сірка сприяє інтенсифікації корозійних процесів у паливній апаратурі, погіршує роботу каталітичних нейтралізаторів та знижує ефективність систем очищення відпрацьованих газів. Високий вміст сірки призводить до підвищеного утворення нагару, збільшення витрати палива та скорочення ресурсу двигунів.

У сучасній аналітичній практиці для визначення масової частки сірки застосовують різноманітні методи, серед яких найбільшого поширення набули рентгенофлуоресцентний аналіз, ультрафіолетова флуоресценція, окисна мікрокулонометрія та класичні методи спалювання. Особливе місце займає енергодисперсійна рентгенофлуоресцентна спектrometerія, яка поєднує високу точність, експресність та мінімальну підготовку проб.

Принцип рентгенофлуоресцентного методу ґрунтується на реєстрації характеристичного випромінювання атомів сірки, що виникає під дією первинного рентгенівського випромінювання. Інтенсивність отриманого сигналу прямо пропорційна концентрації сірки у зразку, що дозволяє проводити кількісне визначення без складних хімічних перетворень. Метод є неруйнівним, що особливо важливо під час дослідження складних багатокомпонентних нафтових систем.

У межах дослідження було проведено аналіз зразків сирої нафти Полтавського регіону. Полтавщина є одним із провідних нафтогазовидобувних регіонів України та належить до Дніпровсько-Донецької западини. Нафти цього регіону характеризуються значною різноманітністю фізико-хімічних властивостей і різним вмістом гетероатомних компонентів.

Дослідження показали, що масова частка сірки у відібраних зразках змінюється в межах від 0,135 % до 0,726 %. Більшість досліджених зразків

належить до малосірчистих нафт, однак окремі зразки характеризуються підвищеним вмістом сірки та можуть бути віднесені до сірчистих. Отримані результати свідчать про неоднорідність нафтової сировини навіть у межах одного регіону видобутку.

Встановлено, що зі збільшенням вмісту сірки підвищується корозійна агресивність нафти, зростає навантаження на каталізатори процесів гідродесульфуризації та ускладнюється досягнення сучасних екологічних нормативів щодо якості палив. Це підтверджує необхідність систематичного контролю сірчаного складу нафти та вдосконалення технологій очищення.

Одним із найбільш ефективних промислових способів видалення сірковмісних сполук є гідродесульфуризація. У процесі гідроочищення органічно зв'язана сірка перетворюється на сірководень, який надалі вилучається з технологічного середовища. Проте глибоке знесірчення супроводжується значними енерговитратами та потребує використання дорогих каталізаторів і великої кількості водню.

Слід також враховувати, що повне видалення сірки з дизельного палива може призводити до погіршення його змащувальних властивостей. Саме тому сучасні технології виробництва палив передбачають застосування спеціальних присадок, які компенсують втрату природних мастильних компонентів.

Отже, проблема вмісту сірковмісних сполук у нафті має комплексний характер і охоплює технологічні, екологічні та експлуатаційні аспекти. Проведені дослідження підтверджують необхідність постійного аналітичного контролю масової частки сірки у нафтовій сировині та готових нафтопродуктах. Використання сучасних інструментальних методів аналізу дозволяє своєчасно оцінювати якість нафти, прогнозувати ефективність її переробки та забезпечувати відповідність палив сучасним екологічним стандартам.

Список використаних джерел:

- 1. Голуб П. С., Каменський В. П., Павленко П. Т. Історія нафтогазової галузі в Полтавському краї. Полтава: Шевченко Р.В., 2010. 152 с. 2. Джурка Г. Ф., Зезекало І. Г. Нафтогазовидобувна та переробна промисловість Полтавщини. Полтава, 2008. 183 с. 3.*

Калитюк С. Нафта. Склад, властивості, продукти перегонки, їх застосування. Хімія. 2015. № 15–16. С. 41–47. 4. Горбатюк Л. О., Пасічна О. О. Деякі аспекти нафтового забруднення донних відкладів у водних екосистемах. Гідробіологічний журнал. 2022. Т. 58, № 2. С. 85–98. 5. Бодачівська Л. Ю. Запобігання розповсюдження та ліквідації вуглеводних забруднень. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2008. № 5. С. 55–58.

ФІЗИКО-ХІМІЧНА ОЦІНКА ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ ЯК ОСНОВА ЕФЕКТИВНОЇ ПЕРЕРОБКИ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ СИРОВИНИ

Волков І.Р., Шинкаренко В.І. (м. Полтава)

Газовий конденсат є важливою складовою вуглеводневої сировини, яка широко використовується у паливно-енергетичному комплексі та нафтохімічній промисловості. Його промислова цінність визначається високим вмістом легких вуглеводневих фракцій, значною теплотворною здатністю та перспективністю використання як сировини для виробництва моторних палив і нафтохімічної продукції [1]. Водночас ефективність транспортування, зберігання та переробки газового конденсату значною мірою залежить від його фізико-хімічних характеристик.

Полтавський регіон є одним із провідних нафтогазовидобувних районів України, що входить до меж Дніпровсько-Донецької западини. Особливості геологічної будови регіону обумовлюють різноманітність складу та властивостей газоконденсатної сировини. Саме тому дослідження фізико-хімічних характеристик газового конденсату є важливим напрямом сучасної аналітичної та технологічної хімії.

Фізико-хімічні властивості газового конденсату формуються під впливом молекулярного складу вуглеводнів, співвідношення легких і важких фракцій, вмісту гетероатомних сполук та домішкових компонентів. До найбільш важливих показників належать густина, кінематична в'язкість, вміст сірки, парафінів, води, механічних домішок та хлористих солей [2]. Сукупність цих

параметрів визначає стабільність системи, її фазову поведінку та придатність до подальшої переробки.

Одним із базових показників якості газового конденсату є густина, яка характеризує співвідношення легких та важких фракцій у складі сировини. Низькі значення густини свідчать про підвищений вміст легких вуглеводнів та високий вихід бензинових фракцій. Водночас підвищення густини може бути пов'язане зі збільшенням частки ароматичних і смолистих компонентів, що впливає на технологічні параметри переробки.

В'язкість газового конденсату визначає його текучість та умови транспортування трубопровідними системами [3]. Підвищення в'язкості супроводжується збільшенням гідравлічного опору та енерговитрат на перекачування. Крім того, в'язкість суттєво залежить від температури, що необхідно враховувати під час експлуатації технологічного обладнання у холодний період року.

Особливу увагу під час оцінювання якості газового конденсату приділяють вмісту парафінових вуглеводнів. За умов зниження температури вони можуть кристалізуватися з утворенням твердих відкладень на внутрішніх поверхнях трубопроводів і резервуарів [4]. Це призводить до зменшення пропускної здатності систем транспортування та збільшення ризику аварійних ситуацій. Саме тому визначення схильності газового конденсату до парафіноутворення має важливе практичне значення.

Не менш важливими є показники домішкового складу, зокрема вміст води, механічних частинок та хлористих солей. Наявність води в поєднанні з мінеральними солями створює сприятливі умови для розвитку електрохімічної корозії обладнання [5]. У результаті погіршується надійність трубопровідних систем, теплообмінників та резервуарів. Для запобігання таким процесам застосовують попереднє зневоднення та знесолення сировини.

Важливим екологічним та технологічним показником є вміст сірковмісних сполук. Сірка негативно впливає на корозійну стійкість обладнання, сприяє утворенню токсичних оксидів під час спалювання палива та знижує ефективність каталітичних процесів переробки. У ході досліджень встановлено, що газовий конденсат родовищ Полтавського регіону характеризується відносно низьким вмістом сірки, що позитивно впливає на його експлуатаційні характеристики та екологічну безпечність.

Для визначення фізико-хімічних показників газового конденсату застосовують стандартизовані методики аналізу, які забезпечують точність, відтворюваність і достовірність результатів. Комплексний підхід до оцінювання властивостей дозволяє не лише контролювати якість сировини, але й прогнозувати її поведінку в технологічних процесах. Це має особливе значення для оптимізації режимів транспортування, вибору методів підготовки та підвищення ефективності переробки.

Отже, фізико-хімічні властивості газового конденсату є важливим критерієм оцінювання його промислової цінності та технологічної придатності. Комплексне дослідження показників якості дозволяє визначити потенційні ризики під час експлуатації обладнання, оцінити екологічні аспекти використання сировини та обґрунтувати оптимальні напрями її переробки. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення систем аналітичного контролю та підвищення ефективності функціонування підприємств нафтогазового комплексу.

Список використаних джерел:

1. Голуб П. С., Каменський В. П., Павленко П. Т. Історія нафтогазової галузі в Полтавському краї. Полтава : Шевченко Р. В., 2010. 152 с.
2. Джурка Г. Ф., Зезекало І. Г. Нафтогазовидобувна та переробна промисловість Полтавщини. Полтава, 2008. 183 с.
3. Калитюк С. Нафта. Склад, властивості, продукти перегонки, їх застосування. Хімія. 2015. № 15–16. С. 41–47.
4. Горбатюк Л. О., Пасічна О. О. Деякі аспекти нафтового забруднення донних відкладів у водних екосистемах. Гідробіологічний журнал. 2022. Т. 58, № 2. С. 85–98.
5. Каменський В. П., Закалюжний В. М. Нафтогазова галузь України: виникнення, розвиток та становлення. Полтава : Астроя, 2014. 200 с.

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ХІМІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕВОНСЬКИХ НАФТ ПОЛТАВЩИНИ

Литвин В.М., Кузнецова Т. Ю. (м. Полтава)

Нафтогазоносні комплекси Полтавського регіону є важливою складовою ресурсної бази України, зокрема в межах Дніпровсько-Донецької западини, яка характеризується значними запасами вуглеводневої сировини [1]. Девонські відклади є одними з найбільш перспективних продуктивних горизонтів, де формувалися нафти різного генетичного типу залежно від умов осадконакопичення, літології материнських порід та ступеня термічної еволюції органічної речовини [2].

Груповий вуглеводневий склад нафти є одним із ключових показників, що визначає її фізико-хімічні властивості, промислову цінність та напрями подальшої переробки [3]. Аналіз співвідношення парафінових, нафтових, ароматичних компонентів, а також смолисто-асфальтенових речовин дозволяє оцінити геохімічні особливості нафт, ступінь їх вторинних змін та перспективність конкретних родовищ [4].

Метою даної роботи є комплексне дослідження групового вуглеводневого складу девонських нафт Полтавського регіону, визначення їх геохімічних особливостей та оцінка впливу геологічних факторів на формування компонентного складу.

Полтавський регіон займає центральну частину Дніпровсько-Донецької западини, де девонські відклади представлені теригенними, карбонатними та вулканогенно-осадковими породами [5]. Значна потужність осадового чохла та складна тектонічна будова зумовили формування численних пасток для накопичення вуглеводнів.

Девонські нафти регіону формувалися переважно в умовах глибокого катагенезу органічної речовини, що призвело до накопичення легких та

середніх фракцій із підвищеним вмістом насичених вуглеводнів [6]. Особливу роль у формуванні складу нафти відіграли: температура генерації; глибина занурення материнських товщ; міграційні процеси; вторинна біодеградація; термокаталітичні перетворення.

З геохімічної точки зору девонські нафти Полтавщини характеризуються переважно сапропелевим типом органічної речовини, що зумовлює значну частку нафтових структур [7].

Досліджувалися проби нафти з низки родовищ Полтавського нафтогазоносного району, відібрані з девонських продуктивних горизонтів на глибинах понад 4000 м [8].

Основні групи компонентів:

1. Парафінові вуглеводні – нормальні та ізопарафіни;
2. Нафтові вуглеводні – циклоалкани;
3. Ароматичні вуглеводні – моно- та поліциклічні;
4. Смоли;
5. Асфальтени.

За результатами аналізу встановлено, що девонські нафти Полтавського регіону характеризуються наступним усередненим складом:

Компонент	Вміст, % мас.
Парафінові вуглеводні	32–48
Нафтові вуглеводні	25–40
Ароматичні вуглеводні	12–22
Смоли	5–12
Асфальтени	1–5

Парафінова частина представлена переважно нормальними алканами C₁₀–C₂₈ із максимумом у середньомолекулярній області. Це свідчить про високий ступінь термічного перетворення органічної речовини [9]. Підвищений вміст ізопарафінів вказує на катагенетичну перебудову вихідної органіки та значну глибину генерації. Нафтові компоненти формують значну частку складу, що характерно для глибокозалегаючих девонських систем [10].

Домінують моно- та біциклічні структури, які забезпечують високу стабільність нафти при зберіганні та транспортуванні. Вміст ароматичних компонентів є помірним. Виявлено алкілбензоли, нафталіни та фенантрени. Їх концентрація зростає зі збільшенням температури формування покладів [11]. Низький вміст смолисто-асфальтенових речовин свідчить про відносно високу якість сировини та сприятливі умови для переробки [12].

Отримані результати свідчать, що девонські нафти Полтавського регіону належать переважно до метано-нафтового та нафто-метанового типів. Основними факторами формування складу були: морський генезис органічної речовини; високий ступінь катагенезу; глибинна міграція; термokatалічні процеси; часткова вторинна трансформація.

Співвідношення Pr/Ph, CPI та розподіл біомаркерів підтверджують формування в умовах відновного морського середовища [13]. Порівняння з кам'яновугільними нафтами регіону показує більшу зрілість девонських нафт, нижчий вміст смол та вищу частку насичених компонентів [14].

Визначення групового складу девонських нафт має важливе практичне значення для: прогнозування якості видобувної сировини; вибору методів підготовки нафти; оптимізації процесів транспортування; оцінки схильності до парафіноутворення; підвищення ефективності нафтопереробки.

Список використаних джерел:

1. Атлас родовищ нафти і газу України : у 6 т. / ред. М. М. Іванюта. Львів : Центр Європи, 1998.
2. Галушкін Ю. І. Геохімія нафти і газу : підручник. Київ : Наукова думка, 2004. 412 с.
3. Лур'є М. А. Хімія і технологія нафти. Хімія, 2007. 638 с.
4. Peters K. E., Walters C. C., Moldowan J. M. *The Biomarker Guide*. 2nd ed. Cambridge : Cambridge University Press, 2005. Vol. 1–2.
5. Кабишев Б. П. Геологія Дніпровсько-Донецької западини. Харків : ХНУ, 2010. 480 с.
6. Hunt J. M. *Petroleum Geochemistry and Geology*. 2nd ed. New York : W. H. Freeman, 1996. 743 p.
7. Сучасні проблеми нафтогазової геології України : колективна монографія / за ред. В. П. Гавриша. Київ : Академперіодика, 2020. 620 с.
8. ASTM International. *Standard test methods for petroleum and petroleum products*. West Conshohocken : ASTM International, 2018.
9. Philp R. P. *Fossil Fuel Biomarkers: Applications and Spectra*. Amsterdam : Elsevier, 1985. 294 p.
10. Радченко О. А. Геохімічні критерії прогнозу нафтогазоносності глибоких горизонтів Дніпровсько-Донецької западини : монографія. Полтава : ПолтНТУ, 2015. 356 с.
11. Speight J. G. *Handbook of Petroleum Analysis*. 2nd ed. Hoboken : Wiley, 2012. 544 p.
12. Peters K. E., Cassa M. R. *Applied Source Rock Geochemistry // The Petroleum System – From Source to Trap*. Tulsa : AAPG Memoir, 1994. P. 93–120.
13. Moldowan J. M., Sundararaman P.,

Schoell M. Sensitivity of biomarker properties to depositional environment and their application to petroleum source rock studies // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1985. Vol. 49. P. 1–12. 14. Український геологічний журнал. Київ : Інститут геологічних наук НАН України, 2018. № 2. С. 45–58.

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ЕКСТРАГЕНТА НА ФІТОТОКСИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ *SALVIA OFFICINALIS L.*

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

Водні екстракти лікарських та ароматичних рослин, зокрема шавлії лікарської (*Salvia officinalis L.*), привертають значну увагу дослідників завдяки їхньому потужному алелопатичному потенціалу та перспективам використання як екологічно безпечних біогербіцидів в органічному землеробстві. Відомо, що фітотоксична дія витяжок шавлії зумовлена високим вмістом водорозчинних біологічно активних речовин: фенольних сполук, органічних кислот та похідних ефірних олій, які знаходять застосування в різних галузях промисловості, наприклад харчовій промисловості, косметології, сільському господарстві тощо [1, 2].

В реальних агроекологічних та промислових умовах для приготування робочих розчинів використовується вода з різним ступенем жорсткості. Тому метою цього дослідження було встановлення закономірностей впливу мінерального складу води-екстрагента на рівень фітотоксичності водних витяжок *Salvia officinalis L.* щодо початкових етапів онтогенезу тест-культури.

Схожі дослідження підтверджують критичну роль параметрів екстракції у формуванні біологічного профілю витяжок шавлії лікарської. В дослідженні [2], використовували 10 різних видів природних вод як розчинники для сталого вилучення поліфенольних сполук зі стебел аронії, а в роботі [3] було вивчено вплив мінералізації води на екстракцію активних сполук з вибраних трав та на антиоксидантні властивості отриманих напоїв. Обидва дослідження дійшли висновку, що вода середнього рівня мінералізації найкраще підходить для

екстракції. Крім цього результати нещодавніх досліджень доводять, що походження води-екстрагента безпосередньо визначає масу та якісний склад вилучених речовин із шавлії лікарської, дозволяючи варіювати рівень фітотоксичності кінцевого препарату в півтора рази виключно за рахунок вибору розчинника [4].

Для приготування екстрактів ми використовували висушене та подрібнене листя *S. Officinalis* ТМ «Лубнифарм». З метою виявлення дозозалежного ефекту екстракцію проводили за двох різних наважок рослинної сировини: 3,5 г та 7,0 г на 200 мл обраного розчинника. Для оцінки впливу мінерального фону як екстрагенти було обрано чотири типи вод, що суттєво відрізнялися за ступенем мінералізації: дистильована, мінеральна, джерельна та водопровідна вода. Отримані розчини піддавалися процедурі дегідратації для тривалого зберігання з подальшим відновленням відповідним типом води.

Оцінку алелопатичної активності екстрактів здійснювали методом біотестування *in vitro*. Тест-об'єктом слугувало насіння редису посівного (*Raphanus sativus*) сорту «Рудольф». Фітотоксичний вплив оцінювали за кількісним показником лабораторної схожості насіння після його інкубації у відповідних розчинах.

Аналіз отриманих експериментальних даних засвідчив, що мінералізація розчинника є фактором, який визначає не лише ефективність екстракції алелохімікатів, а й тривалість їхньої фітотоксичної дії.

Найменший інгібуючий ефект було зафіксовано у варіантах із використанням дистильованої води. Незважаючи на високу наважку сировини, схожість насіння залишалася на рівні 92 %. Це пояснюється низькою іонною силою дистилату, що перешкоджає повноцінному вилученню важких фенольних фракцій та ефірних олій із сухої фітомаси. Натомість, використання високомінералізованої водопровідної води забезпечило максимальний вихід фітотоксинів, що призвело до зниження схожості до 77%. Слід зазначити, що в

даному випадку спостерігається синергічний ефект між алелопатичним тиском екстракту та осмотичним стресом, зумовленим високим вмістом солей у воді [4, 5].

Кількісним підтвердженням процесів деградації фітотоксинів є динаміка відновлення схожості тест-об'єкта. У табл. 1 наведено розраховані середні значення відсотка пророслого насіння за дії екстрактів різного терміну зберігання.

Таблиця 1

Тип води	Концентрація	Схожість, свіжий	Схожість, 1 місяць	Схожість, 5 місяців
Дистильована	K1	96	95	93
	K2	92	92	84
Мінеральна	K1	92	95	95
	K2	96	92	95
Колодязна	K1	91	81	87
	K2	80	76	87
Водопровідна	K1	96	84	88
	K2	77	77	72

Дослідження часової динаміки виявило нетиповий характер трансформації біологічної активності розчинів. Якщо у колодязній воді спостерігалось поступове відновлення життєздатності насіння з 80% до 87%, то у варіантах із водопровідною та дистильованою водою зафіксовано феномен «вторинної токсичності». Зокрема, у водопровідній воді схожість на п'ятий місяць зберігання впала до 72%, що є нижчим показником за свіжовиготовлений екстракт.

Висновок. Мінеральний склад води є визначальним фактором алелопатичного впливу екстрактів шавлії лікарської. Встановлено, що підвищена жорсткість води інтенсифікує вилучення фітотоксинів, спричиняючи максимальне пригнічення проростання насіння. Динаміка біологічної активності у часі не є лінійною: на стадії 5 місяців зберігання

фіксується феномен вторинної токсичності, що вказує на утворення нових стійких інгібіторів у мінералізованих середовищах. Ці результати дозволяють оптимізувати розробку екологічних біогербіцидів: використання жорсткої води гарантує максимальну та пролонговану фітотоксичну дію препаратів в агросистемах.

Список використаних джерел:

1. Plaskova A., Mlcek J. New insights of the application of water or ethanol-water plant extract rich in active compounds in food. *Frontiers in Nutrition*. 2023. Vol. 10. Article: 1118761. URL: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1118761>.
2. Natural Mineral Waters as Solvents for Sustainable Extraction of Polyphenolic Compounds from Aronia Stems / I.-L. Ifrim *ma in.* *Foods*. 2026. Vol. 15, No. 2. Article: 406. URL: <https://doi.org/10.3390/foods15020406>.
3. Wyrostek J., Kowalski R. The Effect of Water Mineralization on the Extraction of Active Compounds from Selected Herbs and on the Antioxidant Properties of the Obtained Brews. *Foods*. 2021. Vol. 10, No 6. Article: 1227. URL: <https://doi.org/10.3390/foods10061227>.
4. Effect of The Water Origin on The Biological Properties of Sage (*Salvia officinalis* L.) Aqueous Extracts / I. Korotkova *ma in.* *Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science*. 2025. Vol. 5, No. 1. P. 74-86. URL: <https://doi.org/10.47352/jmans.2774-3047.230>.
5. Dias A. S., Pereira I. P., Dias L. S. Investigating and modeling the combined effects of pH and osmotic pressure on seed germination for use in phytoactivity and allelopathic research. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. 2016. Vol. 151, No 4. P. 657–664. URL: <https://doi.org/10.1080/11263504.2016.1199604>.
6. Use of osmotic pressure in allelopathic trials / S. Qadir *ma in.* *Pakistan Journal of Botany*. 2021. Vol. 54, No. 2. P. 589-600 URL: [https://doi.org/10.30848/pjb2022-2\(16\)](https://doi.org/10.30848/pjb2022-2(16)).

НОВІ ПІДХОДИ ДО ПІДГОТОВКИ КОМПОНЕНТІВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ПЛИТНИХ ІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

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

Кузнецова Т.Ю. (м. Полтава)

Куленко Р.А. (с. Грякове, Полтавська обл.)

Одним із найперспективніших методів фізичного впливу на рослинну сировину є вибуховий автогідроліз (ВАГ), здійснений вперше в 30-х роках ХХ століття у США Б. Мейсоном [2]. Сутність вибухового автогідролізу полягає в короткочасній (від декількох секунд до декількох десятків хвилин) обробці (просочені) деревної тріски або тирси перегрітою водяною парою і подальшим

швидким зниженням тиску до атмосферного (декомпресія). У 40-х роках ХХ століття вибуховий автогідроліз було запропоновано для отримання фурфуролу. Однак у той час широкого поширення даний метод не отримав через відсутність ринкового попиту на продукт, що отримується, і відповідного надійного обладнання, здатного тривалий час працювати в жорстких температурно-вологих умовах [3]. Тільки з середини 70-х років ХХ століття паровий вибух знову привернув увагу у зв'язку з необхідністю реалізації біотехнологічних програм використання рослинної біомаси. У різних країнах світу – Канаді, США, Японії, Італії – досліджують та використовують технологію вибухового автогідролізу для різноманітних промислових цілей [1].

При обробці рослинної сировини паром високого тиску відбуваються хімічні та структурні перетворення, що супроводжуються деструкцією основних компонентів, та фізико-механічні зміни, зумовлені руйнуванням морфологічної структури. Фізична картина поділу волокнистого матеріалу під впливом градієнта тиску показано на рисунку [1].

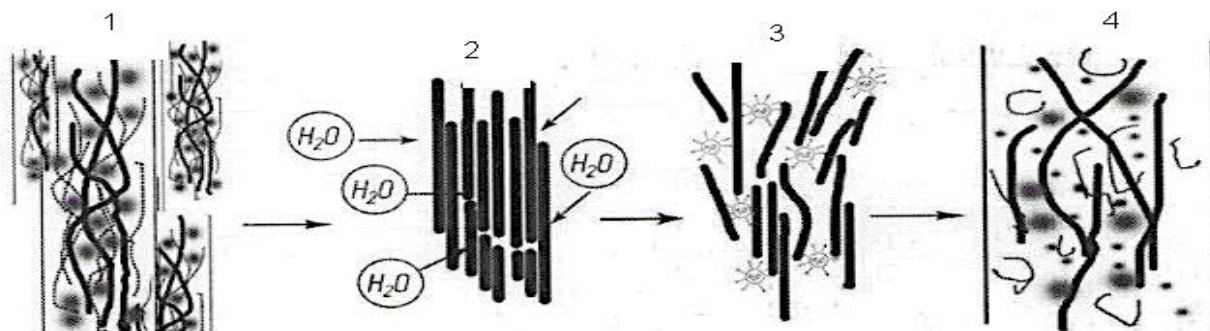


Рис. 1. 1 - стадія завантаження рослинної сировини; 2 – стадія подачі пари;
3 – стадія скидання тиску; 4 – стадія вивантаження.

Матеріал, що складається з целюлози, геміцелюлоз і лігніну (позиція 1), міститься в спеціальний реактор високого тиску, куди подається водяна пара із заданими параметрами. Оскільки початкова температура матеріалу нижче температури насиченої пари, відбувається конденсація останньої на поверхні рослинних клітин у вигляді тонкої плівки рідини та виділення теплоти фазового

переходу. Одночасно з нагріванням матеріалу відбувається його зволоження рідиною (позиція 2). Переміщення вологи з плівки конденсату всередину пористого матеріалу здійснюється за рахунок градієнта загального тиску, при цьому фронт рідини, що утворюється, формує дві зони: вологу, де вільний простір матеріалу повністю заповнено вологою, і умовно суху. При високотемпературній обробці лігнін зазнає деструкції з утворенням низькомолекулярних фрагментів, а полісахариди геміцелюлоз практично повністю гідролізуються до простих цукрів.

Після витримки сировини в реакторі при високих температурі та тиску проводиться скидання тиску. Це викликає закипання вологи, що міститься в матеріалі, що подрібнюється (позиція 3). Цей процес супроводжується значним збільшенням кількості парової фази, що утворюється, у результаті чого в товщі матеріалу спостерігається швидкий підйом надлишкового тиску. Так як тиск пари всередині матеріалу перевищує зовнішній тиск, це призводить до виникнення потоку фільтрації, спрямованого до поверхні частинки. Тиск цього потоку перевищує межу міцності матеріалу при розриві поперек волокон і викликає його розволокнення та дефібрування (позиція 4).

Деревно-волокниста маса, отримана після обробки методом ВАГ являє собою деструктований компаунд, який можна розділити на умовно чисті компоненти, такі як прості цукри, низькомолекулярний лігнін, реакційна целюлоза, залишковий лігнін і продукти його розпаду, а також леткі продукти (головним чином оцтова кислота) [2]. Відбувається розрив між- та внутрішньомолекулярних зв'язків. Так автори [1-4] відзначають такі процеси як руйнування фенольних та ефірних зв'язків у макромолекулі лігніну, гідроліз глікозидних зв'язків у макромолекулах геміцелюлоз та частково в целюлозі. Також відбувається розрив існуючих лігновуглеводних зв'язків.

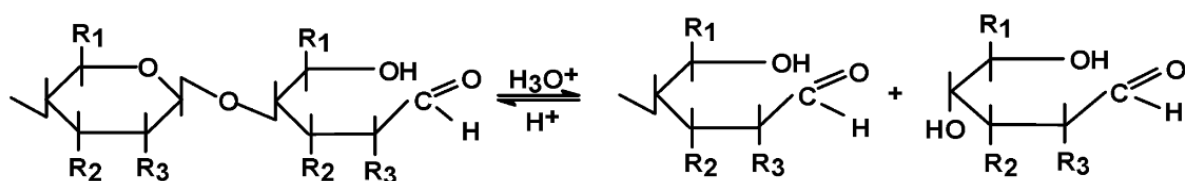
Одночасно з вищевказаними процесами відбувається дегідратація моносахаридів, що утворюються, в результаті чого утворюються речовини, що

містять альдегідні або кетонні групи, пов'язані з подвійними зв'язками такі як фурфурол, метилфурфурол, 5-оксиметилфурфурол, гумінові речовини [3, 4]. Судячи з усього, наявність даних речовин у волокнистій деревній масі має бути корисною для поліконденсаційних процесів, що відбуваються при гарячому пресуванні плитних матеріалів, без введення синтетичних сполучних речовин. Інформація про хімічні перетворення компонентів рослинної сировини у процесі ВАГ дозволяє оцінити можливість використання цього виду матеріалу для ДВП. Ґрунтуючись на дослідженнях авторів [1, 2] стає зрозумілим, що для отримання плитних матеріалів з високими експлуатаційними характеристиками необхідна така обробка рослинної біомаси, при якій у достатній кількості утворювалися компоненти, що беруть участь у конденсаційних процесах при гарячому пресуванні, без значних структурних змін волокон целюлози. Однак більшість досліджень [2] з цього питання спрямовані на вивчення поведінки компонентів деревної сировини, а наявні літературні дані [1, 4] з низькоякісних порід деревини, або рослинної сировини не деревної природи зводяться в основному до методів виділення окремих продуктів рослинної клітини.

Поліози, що входять до складу рослинної клітини, частково ацильовані і, в процесі ВАГ, в результаті гідролізу складно-ефірних зв'язків (реакція деацилювання) відбувається утворення оцтової кислоти. А при розпаді цукрів в умовах підвищених температур під дією водяної пари генерується мурашина кислота [2]. Дослідження авторів [2, 3] показали, що при баротермічній обробці деревини, під дією органічних кислот, що утворюються відбувається прискорення гідролізу вуглеводів і деполімеризація лігновуглеводного комплексу у цілому. Таким чином, хімічні перетворення, що відбуваються з компонентами деревини в процесі баротермічної обробки, підпорядковуються закономірностям кислотного гідролізу.

Відомо, що найбільший вплив кислого середовища відчують полісахариди, що легко гідролізуються, – геміцелюлози [4]. Їх характерний

легкий перехід у водний розчин кислот, де відбувається їх подальший гомогенний гідроліз. Це пов'язано в першу чергу з тим, що геміцелюлози мають аморфну структуру, внаслідок чого глікозидні зв'язки між залишками пентоз та гексоз, що входять до складу геміцелюлозних ланцюгів, більш доступні. Схема, за якої відбувається гідроліз геміцелюлоз представлена нижче.



де R₁=H, CH₂OH, COOH; R₂=R₃=OH.

У цілому гідроліз геміцелюлоз можна як двостадійний процес. Такий поділ досить умовний, оскільки другий ступінь починається практично одночасно з першим. Перший ступінь цього процесу – розпад макромолекул геміцелюлоз на олігомери. Цей ступінь характеризується гетерогенністю процесу та досить високою швидкістю. Перший ступінь протікає набагато швидше, ніж другий. Другий ступінь – це гідроліз полісахаридів, що перейшли в розчин, до моносахаридів. При гідролізі геміцелюлоз у водному розчині одночасно присутні як олігомери так і моносахариди, так як швидкість протікання першого ступеня вище за швидкість протікання другого, а починаються вони практично одночасно [3]. Слід зазначити, що вплив кислого середовища на процеси, що протікають, неоднозначно. Так особливістю дії кислого середовища на вуглеводи і те, що вона каталізує кілька процесів. А це означає, що одночасно можуть протікати процеси інверсії, реверсії цукрів, а також їх деструкції.

Продукти таких перетворень можуть вступати в реакції поліконденсації та полімеризації як між собою, так і з макромолекулами лігніну, з утворенням продуктів «гуміноподібних і лігногумінових речовин» [4]. У дослідників немає

єдиної думки щодо будови цих речовин. Так, у роботі [3] наводиться думка, де вважається, що гуміноподібні речовини є результатом взаємодії молекул фурфуролу між собою та з продуктами його перетворень. Інші дослідники [1] вважають, що гуміноподібні речовини є продуктами полімеризації фурфуролу з молекулами розчиненого лігніну. Ця думка підтверджена експериментальними дослідженнями В.Д. Немировського та В.Г. Костеренко [3, 4]. У своїх дослідженнях вони порівнювали ІЧ – спектри лігногумінових речовин з ІЧ-спектрами продуктів поліконденсації хімічно чистого фурфуролу та оксиметилфурфуролу з резорцином у кислому середовищі. На підставі цього порівняння вони зробили висновок, що гуміноподібні речовини є олігомерами, в яких ланки фуранового і метоксильного типу пов'язані між собою за допомогою СН і СН₂ містків в орто- і пароположеннях. З метою уникнення плутанини продукти конденсації фурфуролу один з одним і продуктами його перетворень називатимемо «гуміноподібні речовини», а продукти взаємодії молекул лігніну з фурфуролом «лігногуміновими».

Отже, у процесі баротермічної обробки, внаслідок хімічних перетворень геміцелюлоз, утворюється цілий ряд хімічно активних речовин, здатних до хімічної взаємодії з утворенням продуктів сітківки. Крім цього, є ряд робіт [4] з утворення фуранацетонового мономеру, здатного вступати в реакції взаємодії з лігніном з утворенням міцно пов'язаного комплексу.

З вищесказаного великий інтерес представляє поведінка лігніну за умов парового вибуху. Відомо, що лігнін є аморфними поліфункціональними сполуками ароматичної природи, що утворюються шляхом ферментативної дегідрогенізаційної полімеризації ряду метоксильованих похідних оксикоричних спиртів [3]. Даний полімер має тривимірну структуру, побудовану з олігомерних, димерних і мономерних арилпропанових структурних одиниць, з'єднаних простими ефірними і вуглець-вуглецевими зв'язками [2]. Характерна особливість лігніну як полімеру – відсутність

одноманітності структурних елементів [3]. Пов'язано це в першу чергу з тим, що в процесі біосинтезу лігніну утворюються одиниці трьох типів: гваяцилпропанові або G-одиниці, що розглядаються як похідні пірокатехіну, сирингілпропанові або S-одиниці – похідні пірогалолу, гідроксилфенілпропанові або H-одиниці похідні. По-друге, через наявність кількох типів міжмономерних зв'язків (ефірні, вуглеводні). По-третє, причиною відсутності однаковості у будові лігніну і те, що у освіті міжмономерних зв'язків може брати участь практично будь-який вуглецевий атом фенілпропанової одиниці (ФПО) [1].

В умовах ВАГ лігнін також схильний до деструкції, що каталізується утворюючи в результаті розпаду геміцелюлоз органічними кислотами. При паровому вибуху розрив зв'язків лігніну протікає механізмом гідролітичної деструкції. При гідролітичній деструкції гідроліз йде α -ефірними зв'язками структурних фрагментів з утворенням фенольних і спиртових гідроксилів. У загальному вигляді деструкцію лігніну можна уявити схемою лігнін – оліголігноли – феноли [4].

Однак слід враховувати, що дана схема досить умовна, так як при гідролітичній деструкції лігніну можуть протікати різні конкуруючі реакції фрагментів лігніну, як між собою, так і продуктами деструкції полісахаридів. Ці реакції відносяться до реакцій нуклеофільного заміщення у ФПО лігніну в кислому середовищі. Приєднання «внутрішнього» нуклеофіла призводить до реакції конденсації. Приєднання «зовнішнього» нуклеофіла може забезпечити захист від конденсації. На цій же стадії реакції без сильного нуклеофіла з реакцією нуклеофільного заміщення конкурує реакція нуклеофільного елімінування з утворенням подвійного зв'язку $\alpha \beta$, що полегшує сольватичну деструкцію зв'язку $\beta - O - 4$ [3].

Конкуруючі реакції конденсації ФПО та продуктів деструкції геміцелюлоз призводять до утворення так званого псевдолігніну, про що

побічно свідчить збільшення сумарної кількості лігніну після баротемічної обробки деревної маси [2, 4]. «Псевдолігнін» практично не відрізнятиметься від справжнього лігніну. Він відрізняється меншою молекулярною масою та високою реакційною здатністю. Унаслідок чого, на думку авторів [4], він може замінювати дорогі феноли під час виробництва плитних матеріалів.

Вплив ВАГ на целюлозу в літературі мало описано. На наш погляд це пов'язано з тим, що целюлоза як представник важкогідролізованих полісахаридів найменше піддається деструктивним процесам в умовах ВАГ [3]. Так П. П. Ерінш у своїх роботах [4] зазначає, що целюлоза взагалі практично не торкається у процесі ВАГ. Автори робіт [4] зазначають, що при ВАГ як листяних, так і хвойних порід відбувається зростання індексу кристалічності та розмірів кристалів целюлози. Так, автори [3] наводять результати рентгенофазного аналізу, які показують деяке збільшення кристалічності в деревині. Інші вважають, що під час автогідролізу кристалічність не змінюється [4]. На наш погляд це залежить від доступності целюлози до дії гідролізуючих агентів і кількості гідролізуючого агента, що визначаються породою рослинної сировини і параметрами процесу ВАГ (тиск, температура і тривалість впливу цих факторів). Деяке збільшення кристалічності целюлози може відбуватися за рахунок гідролізу поліоз, що вклинюються в аморфні ділянки целюлози, внаслідок чого з'являється можливість їх структурування. При підвищеній температурі процесу ВАГ протікають реакції деацильовання полісахаридів геміцелюлоз із утворенням оцтової кислоти. Також утворюються домішки мурашиної кислоти, очевидно, внаслідок термічних перетворень цукрів [3, 4].

Виходячи з вищесказаного в процесі ВАГ на целюлозу одночасно впливають температура і кисле середовище. Виходячи з чого, цікаві закономірності поведінки целюлози в кислому середовищі. Численні дослідження свідчать, що з гідролізу целюлоза спочатку втрачає свою волокнисту структуру і перетворюється на гідратцелюлозу. Гідратцелюлоза є

сумішшю незмінної целюлози з продуктами різного ступеня гідролізу. Вона характеризується меншим ступенем полімеризації та вищим ступенем кристалічності в порівнянні з вихідною целюлозою. Характерною особливістю кислотного гідролізу є те, що швидке падіння ступеня полімеризації на початковому етапі змінюється уповільненням зниження ступеня полімеризації при подальшому перебігу процесу. Очевидно, це пов'язано з особливістю її надмолекулярної структури, наявністю в макромолекулі целюлози аморфних і кристалічних ділянок. Аморфна частина швидко гідролізується та розпадається на ділянки щільної упаковки.

За даними [1-4] I реакція протікає швидко вже за м'яких умов гідролізу; II реакція протікає повільно (вона визначає швидкість гідролізу); III реакція протікає швидко. Реакція гідролізу целюлози каталізується йонами водню, який у водному середовищі існує у вигляді нестійкого йону оксонієвої сполуки H_3O^+ – йона гідроксонію. Слід зазначити, що з підвищенням температури різко зростає дисоціація води. Цим пояснюється більш швидке падіння ступеня полімеризації на початковому етапі у разі підвищення температури ВАГ. Дія йона гідроксонію на кисень ацетального зв'язку полісахариду представлена рисунку 2 [1]. Під дією йона гідроксонію ацетальний кисень швидко протонується, ослаблений ацетальний зв'язок рветься з утворенням йону карбонію, який реагує з водою, даючи кінцеву групу та протон. Протон, що звільнився, з водою знову утворює йон гідроксонію.

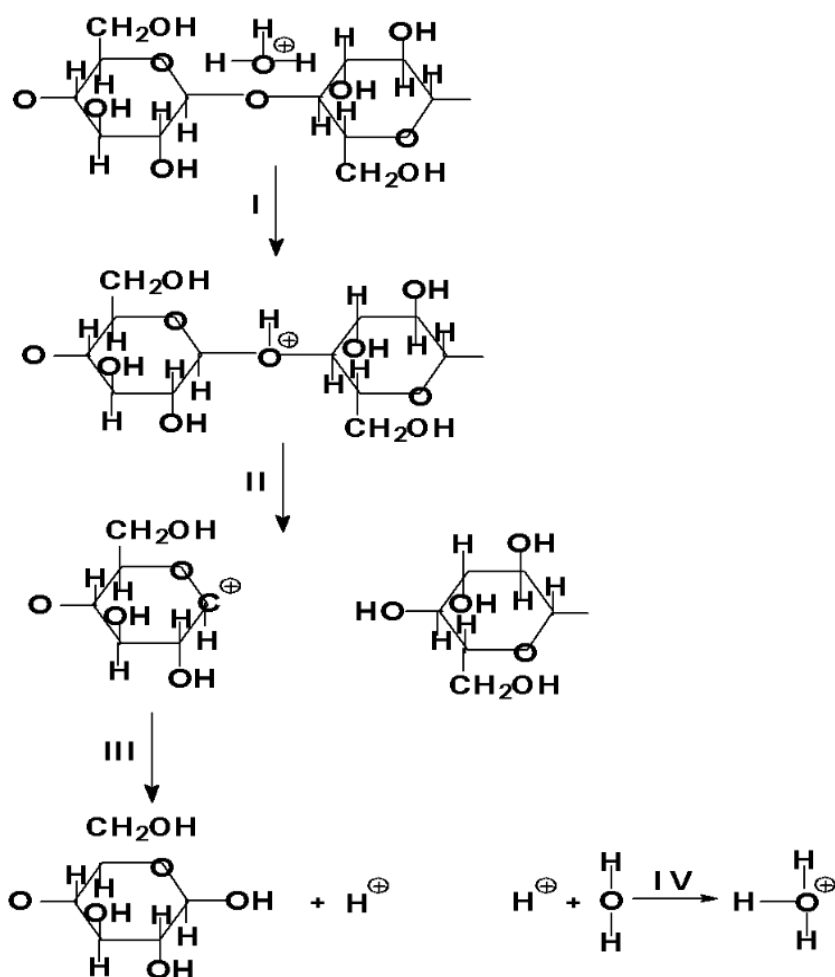


Рис. 2. Дія йону гідроксонію на кисень ацетального зв'язку полісахариду.

Якщо на початку ВАГ йони гідроксонію утворюються за рахунок дисоціації води, то на подальших стадіях гідролізу йони гідроксонію утворюються також при автоіонізації оцтової кислоти, яка утворюється в результаті відщеплення ацетильних груп геміцелюлоз (переважно полісахаридів – ксиланів та мананів). Оцтова кислота є каталізатором розпаду полісахаридів на моносахариди. За таких умов утворення йонів гідроксонію з оцтової кислоти є важливішим, ніж утворення з води [4]. Роль автоіонізації вичерпує себе на початку реакції. Уронові кислоти можуть також сприяти утворенню йонів гідроксонію, проте їх вплив слабо вивчений.

Особливістю обробки целюлози за умов ВАГ є короткочасність впливу параметрів. У зв'язку з чим неможливо повністю перенести встановлені

закономірності на поведінку целюлози при вибуховому автогідролізі, незважаючи на схожість параметрів, що впливають один на одного. Здійснення вибухового гідролізу може відбуватися у широкому діапазоні температур, причому час витримування матеріалу, що обробляється при заданій температурі теж може бути різним. Поділ та глибина перетворень компонентів рослинної сировини залежить від співвідношення тривалості та температури парової обробки.

Список використаних джерел:

1. *Комплексне перероблення рослинної сировини : Комплексна хімічна переробка деревини : навч. посіб. для студентів / КПП ім. Ігоря Сікорського; уклад. В.В. Галиш, О.В. Яценко, І.В. Трембус. Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2022. 104 с.*
2. *Кравич А. С. Екстрагування біологічно активних речовин з біомаси *Gladiolus imbricatus*, культивованої в умовах *in vitro* : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08; Нац. ун-т "Львів. політехніка". Львів, 2016. 159 с.*
3. *Теплові, масообмінні та хімічні процеси у виробництві деревинних плит і пластиків / уклад. М.М. Копанський, С.О. Манзій, О.О. Шепелюк. НЛТУ України : Львів, 2006. 215 с.*
4. *Хімія рослинних полімерів: навчальний посібник, 2-ге видання перероб. і доповн. / за ред. В.А. Барбаш, І.М. Дейкун. К. : Каравела, 2018. 440 с.*

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖУВАННЯ СВИНОГО ГНОЮ В МЕЗОФІЛЬНОМУ РЕЖИМІ

Галаган А.С., Короткова І.В. (м. Полтава)

Забезпечення стабільного функціонування вітчизняного агропромислового сектору безпосередньо залежить від комплексного розв'язання технологічних, економічних, соціокультурних та екологічних викликів на регіональному рівні [1]. Упровадження засад сталого розвитку передбачає адаптацію виробничої діяльності суб'єктів господарювання до суворих екологічних нормативів та обмежень, спрямованих на мінімізацію деструктивного антропогенного впливу на природні ландшафти й екосистеми України [2, 3].

На сьогодні одним із найгостріших екологічних викликів є утилізація відходів свинарства. Сучасні промислові комплекси переважно орієнтовані на

безпідстилькове вирощування тварин із використанням гідравлічних методів видалення гною. Це зумовлює утворення високообводнених стоків (із вологістю на рівні 92–95%), де значні об'єми технологічної води суттєво збільшують загальну масу відходів, ускладнюючи їхню подальшу переробку та утилізацію [4].

Наукові дослідження вказують на те, що значна частина утворюваних гнойових стоків на підприємствах не проходить належного знезараження та не залучається до повторного використання. При цьому експлуатація традиційних споруд – накопичувачів, гноєсховищ, біологічних ставків чи відкритих лагун – суттєво лімітується кліматичними та природними чинниками. Критичний стан у сфері поводження з цими відходами зумовлений використанням морально та фізично застарілих очисних комплексів, які потребують капітальної реконструкції чи повної заміни, дефіцитом сучасних систем очищення, а також хронічним браком фінансування екологічних програм у державі.

З огляду на це, найбільш прогресивним та ефективним вектором утилізації рідкого свинячого гною є його анаеробне зброджування в метантенках. Ця біотехнологія забезпечує радикальне зниження рівня органічного забруднення стоків із паралельним генеруванням біогазу, який є цінним альтернативним енергоносієм для внутрішніх потреб аграрного виробництва [5]. Широке впровадження керованого метаногенезу [6] під час ферментації органічних субстратів сьогодні розглядається як один із найбільш затребуваних та інтегрованих підходів до одночасного вирішення енергетичних та природоохоронних проблем агропромислового комплексу. Пряме внесення свіжого або непереробленого свинячого гною у ґрунт призводить до забруднення підземних вод нітратами, емісії парникових газів (метану та оксиду азоту) і поширення патогенної мікрофлори [7].

Метою роботи є комплексна еколого-енергетична оцінка процесу анаеробної ферментації свинячого гною та обґрунтування балансу розподілу енергії в мезофільному режимі роботи біогазової установки.

Методи та результати досліджень. Об'єктом дослідження слугував свинячий гній вологістю 91,5% із вмістом сухої речовини 8,5%, де 82% припадає на суху органічну речовину. Біотехнологічний процес здійснювали за умов безперервного мезофільного режиму ферментації (37°C) та гідравлічного часу утримання маси в метантенку протягом 22 діб.

Матеріальні розрахунки показали, що внаслідок розбавлення сировини водою до оптимальної технологічної вологості 93%, загальна маса щоденного завантаження реактора становить 1214 кг на кожну тонну вихідного гною. За питомого виходу газу 0,45 м³/кг сухої органічної речовини, сумарна генерація біогазу становить 31,37 м³/т субстрату. Біогаз характеризується високим вмістом метану (близько 65%), що зумовлює його високу теплотворну здатність. Загальний об'єм біогенного дигестату (ефлюенту) на виході становить 1176,36 кг з 1 т початкової сировини.

Енергетичний аналіз біотехнологічної системи базувався на визначенні повної енергії згенерованого біогазу та розрахунку внутрішніх теплових витрат на підтримку температурного режиму реактора. Встановлено, що потенційна енергія отриманого біогазу становить 730 МДж на тонну перероблених відходів. Витрати енергії на власні потреби установки (компенсація втрат тепла через стінки метантенка та первинний підігрів свіжого субстрату з початкової температури до 37°C) становлять 219 МДж/т, що складає 30% від загального пулу.

Таким чином, чистий енергетичний вихід (нетто-енергія) дорівнює 511 МДж/т відходів. Коефіцієнт енергетичної ефективності ($K_{\text{еф}}$) становить:

$$K_{\text{еф}} = \frac{730}{219} = 3,33$$

Це свідчить про те, що біогазова установка виробляє у 3,33 раза більше енергії, ніж споживає на власні технологічні потреби, підтверджуючи високу термодинамічну та економічну доцільність процесу.

Важливим екологічним результатом є повна дегельмінтизація та знезараження відходів від патогенних мікроорганізмів під час мезофільної експозиції. Крім того, завдяки шнековій сепарації збродженої маси на рідку та тверду фракції, досягається стабілізація сполук азоту, фосфору та калію, що дозволяє отримати концентровані добрива, готові до безпечного внесення у ґрунт. Термін окупності капітальних інвестицій у будівництво біореактора корисним об'ємом 26,7м³ за рахунок заміщення природного газу та відмови від мінеральних добрив становить 4–5 років.

Висновки. Доведено високу біоенергетичну цінність анаеробного перероблення свинячого гною: з 1 т сировини забезпечується вихід 31,37 м³ високоякісного біогазу (65% CH₄). Енергетичний баланс процесу в мезофільному режимі є позитивним ($K_{ef} = 3,33$), а чистий корисний вихід енергії становить 511 МДж на кожну тонну утилізованого субстрату. Технологія забезпечує замикання екологічного циклу тваринницького комплексу завдяки трансформації стоків у 1176,36 кг знезараженого органо-мінерального дигестату.

Список використаних джерел:

1. Гелетука Г. Г., Железна Т. А. Біоенергетика в Україні. Матеріали для дебатів з питань енергозбереження. 2011. С. 18–23.
2. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник для здобувачів вищої освіти закладів вищої освіти / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
3. Біотехнологія відходів тваринницьких підприємств: монографія/ О. М. Захаренко та ін. Київ, 2015. 380 с.
4. Muradin M., Joachimiak-Lechman K., Foltynowich Z. Evaluation of Eco-Efficiency of Two Alternative Agricultural Biogas Plants. Appl. Sci. 2018. Vol. 8, No. 11. Article: 2083 <https://doi.org/10.3390/app8112083>
5. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. «Multidisciplinary research». Bilbao, Spain 2020. P. 431–433.
6. Marinier M., Clarc K., Wagner-Riddle C. Determining manure management practices for major domestic animals in Canada. Environment Canada's Greenhouse Gas Inventoru Project. Environment Canada. Ottawa. ON. 2004.
7. Kebreab, E., Clark, K., Wagner-Riddle, C., & France, J. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: A review. Canadian Journal of Animal Science. 2006. Vol. 86, No. 2. P. 135–157.
8. Березовський К. С, Благодарь К. С, Крикунова В. Ю. Тенденції виробництва біогазу та його використання у полтавському

регіоні // *Проблеми та перспективи реалізації та впровадження міждисциплінарних наукових досягнень: збірник наукових праць з матеріалами VII Міжнародної наукової конференції, м. Миколаїв, 19 липня, 2024 р.* / Міжнародний центр наукових досліджень. — Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2024. С. 83-85 **9**. Korotkova I.V., Trystan D.V., Lysenko B.I. Biogas production from spent mushroom substrate by anaerobic digestion. *Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування: зб. матер. Міжнар. наук. конф. (м. Харків, 14-15 травня 2025 року).* — Харків, ДБТУ, 2025. С. 296-297 **10**. Благодарь К.С. Біопаливо як альтернативне відновлювальне джерело енергії: переваги та недоліки. *Проблеми та досягнення сучасної біотехнології: матеріали IV міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (22 березня 2024 р., м. Харків).* — Електрон. дані. — Х. : НФаУ, 2024. С. 162-165

ЗАСТОСУВАННЯ МАЗІ IRUVETOL ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ІНФІКОВАНИХ РАН У СОБАК (КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК)

Звенігородська Т., Лісняк К., Іщенко О. (м. Полтава)

Славінська А. (Торунь, Польща)

Лікування розгорнутих інфікованих ран у дрібних тварин залишається складним завданням у ветеринарній хірургії через наявність некрозу, інфекції та затримку процесів загоєння. У даній роботі описано успішне застосування мазі **Iruvetol**, яка містить колагеназу та хлоргексидин, для лікування великої травматичної рани у собаки. Використання препарату сприяло швидкому очищенню ранової поверхні, зменшенню запалення, активному утворенню грануляційної тканини та повній епітелізації без формування патологічних рубців.

Розгорнуті інфіковані рани у собак становлять значну проблему у ветеринарній практиці. Такі ураження, особливо спричинені травмами (укусами, ДТП, бійками), часто характеризуються наявністю некротичних ділянок, персистуючою інфекцією та уповільненим загоєнням (Hedlund, 2017).

Процес загоєння рани включає кілька фаз: запальну, очищення, грануляції, епітелізації та ремоделювання тканин (Swaim & Henderson, 1997). Ефективність цього процесу залежить від контролю інфекції, своєчасного видалення нежиттєздатних тканин та стимуляції регенерації.

Ферментативне очищення ран, особливо з використанням мазей на основі колагенази, набуло популярності як м'який та ефективний метод лікування складних уражень (Chae et al., 2019). Колагеназа - це протеолітичний фермент, що вибірково розщеплює денатурований колаген, не пошкоджуючи здорові тканини. Вона сприяє неоколагенезу та відновленню позаклітинного матриксу, що пришвидшує регенерацію шкіри (Wang et al., 2020).

Хлоргексидин, своєю чергою, забезпечує місцеву антисептичну дію, знижуючи ризик вторинного інфікування (Weese, 2014). Поєднання колагенази та хлоргексидину в одній мазі забезпечує подвійний - протеолітичний і антимікробний ефект, що є особливо корисним при гнійно-некротичних процесах.

Оцінити ефективність мазі Iruvetol, що містить колагеназу та хлоргексидин, у лікуванні великої інфікованої рани у собаки після травми.

Препарат. Мазь Iruvetol містить колагеназу (100 U/г) та хлоргексидин (0,5–1%). Колагеназа вибірково розщеплює патологічно змінений колаген, сприяючи очищенню рани, стимулює неоколагенез і відновлення структури дерми. Хлоргексидин забезпечує протимікробну дію.

Опис випадку. 17 квітня 2025 р. до ветеринарної клініки доставлено собаку метиса віком 2 роки, на ім'я Джек, врятованого після собачих боїв. У ділянці стегна спостерігалася велика рана розміром 26 × 18 см, з некротичними тканинами та відсутністю позитивної динаміки при попередньому лікуванні.



Рис. 1. Рана собаки Джека під час надходження в клініку TamiVet

Схема лікування. Перед застосуванням препарату рана була хірургічно оброблена (некректомія, санація). Мазь *Iruvetol* наносили тонким шаром на всю поверхню рани двічі на добу, з подальшим накладанням стерильної марлевої пов'язки. Лікування тривало 30 днів.

Результати

У перші дні застосування спостерігалось зменшення набряку, гіперемії та ексудації.

- До 7-го дня утворилася фібринозна плівка, почалося активне очищення рани, формування грануляційної тканини.
- До 10-го дня відмічено виражене гранулювання і скорочення площі ураження.
- Через 30 днів розмір рани зменшився до $2 \times 1,5$ см, спостерігалась активна епітелізація з країв.
- Повне загоєння настало без утворення патологічних рубців чи контрактур.

На рисунку 2 ми відмічали зменшення набряку, гіперемії та ексудації. На поверхні рани виявляли фібринову плівку, яка відігравала роль захисного бар'єру.



Рис. 2. Рана собаки Джека через 7 днів лікування

Таблиця 1

Гематологічні показники собаки до лікування маззю Iruvetol

Показник	Результат до лікування	Одиниця виміру
Гемоглобін	118	г/л
Еритроцити	5.4	$\times 10^{12}/\text{л}$
Гематокрит	0.38	л/л
Лейкоцити	14.2	$\times 10^9/\text{л}$
Нейтрофіли сегментоядерні	64	%
Лімфоцити	24	%
Моноцити	4	%
Тромбоцити	280	$\times 10^9/\text{л}$

Таблиця 2

Гематологічні показники собаки після лікування маззю Iruvetol

Показник	Результат після лікування	Одиниця виміру
Гемоглобін	126	г/л
Еритроцити	5.8	$\times 10^{12}/\text{л}$
Гематокрит	0.40	л/л
Лейкоцити	8.3	$\times 10^9/\text{л}$
Нейтрофіли сегментоядерні	58	%
Лімфоцити	32	%
Моноцити	5	%
Тромбоцити	295	$\times 10^9/\text{л}$

Після лікування маззю Iruvetol у собаки відзначено суттєве покращення гематологічних параметрів. Рівень гемоглобіну підвищився з 118 до 126 г/л, що свідчить про поліпшення кисневотранспортної функції крові. Кількість лейкоцитів зменшилась з $14.2 \times 10^9/\text{л}$ до $8.3 \times 10^9/\text{л}$, що вказує на ліквідацію запального процесу. Нейтрофільний показник знизився до 58%, а відсоток лімфоцитів зріс до 32%, що є ознакою нормалізації імунного стану. Тромбоцитарна кількість залишалась у межах фізіологічної норми, забезпечуючи стабільність системи гемостазу. Отримані дані підтверджують протизапальну ефективність комбінованої дії колагенази та хлоргексидину у складі мазі Iruvetol.

Таблиця 3

Біохімічні показники крові собаки до лікування маззю Iruvetol

Показник	Результат до лікування	Одиниця виміру
Загальний білок	57	г/л
Альбумін	25	г/л
Глюкоза	4.3	ммоль/л
АЛТ	92	Од/л
АСТ	78	Од/л
Сечовина	9.8	ммоль/л
Креатинін	142	мкмоль/л
Кальцій	2.1	ммоль/л
Фосфор	1.9	ммоль/л

Таблиця 4

Біохімічні показники крові собаки після лікування маззю Iruvetol

Показник	Результат після лікування	Одиниця виміру
Загальний білок	66	г/л
Альбумін	32	г/л
Глюкоза	4.9	ммоль/л
АЛТ	48	Од/л
АСТ	42	Од/л
Сечовина	6.7	ммоль/л
Креатинін	111	мкмоль/л
Кальцій	2.4	ммоль/л
Фосфор	1.6	ммоль/л

Після лікування маззю Iruvetol спостерігалася виражена позитивна динаміка біохімічних показників крові. Рівень загального білка підвищився з 57 до 66 г/л, що свідчить про поліпшення білково-синтетичної функції печінки. Альбумін зріс із 25 до 32 г/л, що підтверджує нормалізацію колоїдно-осмотичного тиску плазми. Активність ферментів АЛТ і АСТ зменшилася більш ніж удвічі, вказуючи на відновлення гепатоцитарної функції та зменшення клітинного ушкодження печінки. Показники сечовини та креатиніну нормалізувалися (з 9.8 до 6.7 ммоль/л і з 142 до 111 мкмоль/л відповідно), що свідчить про стабілізацію ниркової екскреторної функції. Концентрації кальцію та фосфору залишались у фізіологічних межах, що підтверджує адекватний мінеральний обмін. Загалом, результати біохімічного

аналізу вказують на відсутність системних ускладнень і добру переносимість лікування.

Застосування мазі *Iruvetol*, завдяки її протеолітичним та антисептичним властивостям, сприяло швидкому очищенню та регенерації тканин при великій інфікованій рані у собаки. Препарат забезпечив повну епітелізацію без формування патологічних рубців.

СЕКЦІЯ II ХІМІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

ФІЗИКО-ХІМІЧНЕ ПІДГРУНТЯ СТВОРЕННЯ НОВІТНІХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Сахненко М.Д., Поспелов О.П., Єрмоленко І.Ю., Руднєва С.І (м. Харків)

Каракуркчі Г.В. (м. Київ)

З огляду на реальні виклики сьогодення значну увагу наукової спільноти привертають технології створення новітніх матеріалів з широким спектром функціональних властивостей. Значну роль при цьому відводиться широкому впровадженню в повсякденну практику smart-матеріалів. Наразі такі матеріали затребувані в електрохімічній енергетиці, нано- та мікроелектроніці, електрохімічному синтезі товарних продуктів та використовуються в різноманітних системах - сенсорних, електро- та фотоелектрохімічних, корозійного моніторингу, тобто практично в усіх сучасних високотехнологічних виробництвах. Розв'язання таких завдань вимагало розробки наукового підґрунтя інноваційних технологій, серед яких важливу роль відведено керованому фізико-хімічному дизайну функціональних матеріалів і систем, теорія і практика якого і склали новітню парадигму досліджень наукової школи Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», яка позиціонується як «Електрохімічний дизайн функціональних матеріалів : прогнозування, синтез, діагностика».

В роботах наукової школи [1] вперше в електрохімічному матеріалознавстві сформульовано та науково обґрунтовано головні принципи керування процесами електроосадження, структурою та комплексом функціональних властивостей покривів металами, сплавами, оксидами металів та композитами, що сприяло подальшому розвитку сучасного хімічного

матеріалознавства та розробці і впровадженню нових матеріалів і технологій та ефективної поверхневої обробки деталей і виробів з наданням їм принципово нових, недосяжних раніше експлуатаційних властивостей. Відзначимо, що саме такі напрацювання в організації технологічних процесів складають сенс сучасного світового тренду Індустрії 4.0 - повністю автоматизовані виробництва, на яких управління всіма процесами здійснюється в режимі реального часу і з урахуванням мінливих зовнішніх умов. Здобули міжнародне визнання і сприяли утвердженню високого авторитету вітчизняної науки у світі отримані авторами визначні результати досліджень у царині електрохімічного матеріалознавства:

- відмова від емпіричного пошуку функціональних матеріалів і систем задля розв'язання потреб будь-яких споживачів цільової продукції,

- проєктування функціональних покривів і систем за результатами розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних технологій, зокрема штучних нейронних мереж, на підґрунті фундаментальних властивостей і атомно-молекулярних характеристик вихідних компонентів;

- електрохімічний моніторинг захисних властивостей полімерних і лакофарбових покривів для прогнозування їх ресурсу в умовах експлуатації;

- активне впровадження в практику електрохімічних технологій виробництва багатокомпонентних матеріалів і покривів з реалізацією синергетичних ефектів для суттєвого підвищення рівня функціональних властивостей по відношенню до вихідних матеріалів, їх ефективності та ресурсу виробів;

- широке впровадження в практику електрохімічних технологій виробництва мультишарових матеріалів і покривів з метою надання нових властивостей таким субстанціям і створення *smart*-матеріалів (активні діелектрики, мультифероїки і т.і.) та реалізації ресурсо- і матеріалоощадних технологічних процесів;

- органічний перехід від планування властивостей виробів на мікро- та мезорівні до нанорівня з широким застосуванням обох підходів виробництва електрохімічних систем – як «знизу-вгору», так і «зверху-вниз»;

- поступова відмова від застосування монометалевих і монооксидних гальванічних покриттів на користь композитів – з металевою та/або оксидною матрицями;

- розроблення і впровадження в практику виробництва металоксидних композиційних електролітичних покриттів (КЕП), друга фаза яких є інтермедіатом електродних реакцій, тобто утворюється *in situ* в процесі синтезу, що суттєво підвищує стабільність електролітів та дозволяє керувати складом і властивостями цільових продуктів за рахунок варіації параметрів електролізу;

- реалізація новітньої концепції генезису металоксидних систем з метою електрохімічного дизайну функціональних матеріалів шляхом інверсії структурних елементів металоксидних композитів «матриця – друга фаза» за рахунок варіації технологічних засад та інтеграції в єдиному технологічному циклі декількох електрохімічних способів синтезу, а також самоорганізації гетерооксидних композитів;

- залучення до розв'язання численних проблем оборонного комплексу України, зокрема рециклінгу і утилізації надлишкових та застарілих і небезпечних боєприпасів, підвищення потужності транспортних двигунів та зменшення емісії токсичних газових викидів ДВЗ, створення активних матеріалів каталітичних нейтралізаторів для облаштування фільтровентиляційних систем стаціонарних і мобільних автотransпортних і бронеоб'єктів і т.і.;

- виключення з обігу токсичних для довкілля компонентів шляхом пошуку і застосування альтернативних матеріалів покриттів і компонентів електролітів з «дружнім» ставленням до довкілля.

Значна увага останнім часом приділяється нанотехнологіям, одним із вельми привабливих напрямків яких стало створення наноламінітів. Поєднання в таких наноструктурах численних шарів різного складу надає змогу формувати вироби з конче затребуваними, а іноді унікальними властивостями, зокрема радіопоглинаючими або відбиваючими випромінювання. Значущим прикладом електрохімічної інженерії стала обробка поверхні виробів в режимі плазмо-електролітного оксидування, що надала змогу нівелювати гетерорезистивність вихідного матеріалу, формувати наперед задану морфологію поверхні або регульовану поруватість, створювати поверхневий шар покриття з унікальними фізико-хімічними або фізико-механічними властивостями.

Іншим важливим напрямом електрохімічного синтезу наноструктурних матеріалів, який визначив новий напрямок екологічного спрямування, стала розробка чутливих елементів сенсорів для контролю стану і вмісту компонентів в газоподібних сумішах і водних розчинах із застосуванням мікроконтактної, а точніше – наноконтактної спектроскопії. Це, зокрема, надало можливість проводити неінвазивний контроль і діагностику стану ще на ранніх стадіях захворювань.

Дослідження способів електрохімічного синтезу, властивостей та сфер застосування поліфункціональних електрохімічних нанокомпозитів для технологій подвійного призначення є актуальним науково-практичним завданням, оскільки синергія досягнень нанотехнологій, електрохімії та хімічного матеріалознавства дозволяє синтезувати функціональні матеріали заданого хімічного складу і морфології поверхні [2]. При цьому визначення фізико-хімічних параметрів синтезу є не просто технологічним аспектом, а фундаментальним визначальним чинником архітектури синтезованого нанокомпозиту і, як наслідок, діапазону його функціональних властивостей.

Список використаних джерел:

- 1. Наукова школа Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» «Електрохімічний дизайн функціональних матеріалів» прогнозування, синтез, діагностика» / Науковці України - еліта держави, Том VII. К.: ТОВ «Видавництво Логос***

Україна», 2022. С.66-68. 2. Каракуркчі Г.В., Сахненко М.Д., Єрмоленко І.Ю. Поліфункціональні електрохімічні наноконкомпозити в технологіях подвійного призначення // Хімія, біотехнологія, екологія та освіта: Збірник матеріалів IX Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 15-16 травня 2025 року). - Полтава, 2025. - с.134-138

ОЦІНКА МЕТОДІВ РЕГЕНЕРАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД

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

В даний час істотний внесок у забруднення навколишнього природного середовища (НПС) та водних об'єктів (ВО) вносять наростаюча кількість стічних вод (СВ) і шламів гальванічних виробництв, що містять ряд сполук дефіцитних і дорогих металів: Cu, Zn, Ni, Co Cr та ін. На практиці заводські очисні споруди не можуть вирішити проблему очищення гальванічних стоків, тому найчастіше СВ після розведення скидаються в промислову каналізацію, що призводить до втрати великої кількості кольорових металів та забруднення НПС та ВО. За даними екологічних служб скидання деяких важких металів (ВМ) з відпрацьованими травильними розчинами перевищує гранично допустимі санітарні норми (ГДК) у 8–10 разів, а окремих випадках у 40–50 [1].

Найбільш ефективним підходом до вирішення цієї проблеми є впровадження локальних маловідходних технологій, що передбачають постадійне вилучення цінних сполук та їх повернення до технологічного циклу. Аналіз останніх досліджень з цієї тематики [2-4] показує, що основними фізико-хімічними методами очищення стічних вод, що містять важкі метали, вважаються реагентні, мембранні (мікрофільтрація, ультрафільтрація, нанофільтрація, зворотний осмос, електродіаліз), електрохімічні (електрофлотація, електродіаліз, електроліз), сорбційні та іонообмінні фільтри), біохімічні методи.

Відповідно до таблиці 1 [1], основними напрямками очищення СВ гальванічних виробництв є реагентний та електрохімічні методи очищення. Ці

методи очищення мають ряд переваг: проста технологічна схема при експлуатації обладнання, зручність автоматизації його роботи, скорочення виробничих площ під розміщення очисних споруд. Проте самостійно не дозволяють досягти норм ГДК стічних вод, особливо у важких металах; отримати повернення води на оборотне водопостачання гальванічного виробництва або досягти повної утилізації цінних компонентів. Тому основним шляхом вирішення цієї проблеми є впровадження нових технологій очищення СВ та утилізація відходів гальванічного виробництва. Аналіз особливостей кращих доступних технологій [2] дозволив виділити їх основні критерії.

Таблиця 1

Методи очищення та знешкодження кислотно-лужних СВ гальвановиробництв [1]

Метод	Область застосування	Переваги	Недоліки
Реагентний	Для стоків різних обсягів із різною концентрацією забруднень	Очищення до ГДК. Можливість очищення окремих стоків та суміші. Легко автоматизується. Стабільний процес	Немає повернення води в обіг, високий вміст солі. Неможливе вилучення осаджених іонів. Складність схеми
Електро-коагуляція	Для Cr-стоків з витратою до 100 м ³ /год і концентрацією Cr до 200 мг/дм ³	Очищення до ГДК. Повернення води в обіг без реагентів. Малі габарити установки	Висока витрата металу на розчинні аноди, їх пасивація. Неможливість очищення стоків без розведення
Електродіаліз	Для локального очищення стоків окремих гальванічних процесів	Очищення до ГДК. Повернення очищеної води та вилучених іонів в обіг. Малі габарити, проста схема	Висока витрата енергії. Необхідність очищення від механічних та органічних домішок перед діалізом
Зворотній осмос і ультра-фільтрація	Для локального очищення стоків окремих видів покриттів	Очищення до ГДК. Повернення води та іонів в обіг. Економія енергії. Простота схеми	Концентраційна поляризація. Нестійкість мембран після концентрування
Іонний обмін	Для стоків з витратою до 500 м ³ /год та вмісту Cr до 400 мг/дм ³ при роздільному та	Очищення до ГДК. Повернення очищеної води у виробництво. Можливість очищення змішаних стоків та	Потрібне попереднє очищення та герметична схема. Утворення елюатів, їх додаткове

	загальному скиданні у каналізацію	селективного виділення іонів	знешкодження. Дефіцитність смол

Деякі підприємства нейтралізують СВ, внаслідок чого виходять шлами, які складаються в шламонакопичувачах без переробки та утилізації. Ціни більшості компонентів, що містяться в цих відходах, високі та впливають на собівартість продукції. Головною перешкодою використання гальванічних шламів як вторинної сировини є нестабільність їх якісного складу та кількості, що утворюється. Вміст ВМ у відходах гальванічних виробництв значно відрізняється [5]. Шлами деяких підприємств, що використовують гальванічні виробництва, мають подібний компонентний склад, проте концентрації металів у них помітно коливаються. Така розбіжність у кількісному утриманні важких металів у відходах виробництва однієї галузі залежить від специфіки підприємства та технологічних операцій на гальванічних ділянках та лініях. Визначення класу небезпеки цих відходів показав, що в основному відходи відносяться до IV класу небезпеки та є малонебезпечними для навколишнього природного середовища. Однак, розрахунок індексу токсичності (K_i) для кожного компонента у відходах [5] показав, що найбільшу токсичність мають сполуки міді, цинку, свинцю, марганцю, заліза. Вміст у відходах навіть у порівняно малих кількостях ВМ, але регулярному їх накопиченні призводить до накопичення в навколишньому середовищі досить високих їх концентрацій, що призводять до негативних наслідків.

Враховуючи те, що метали, які входять до складу відходів гальванічного виробництва, є цінними вторинними матеріальними ресурсами [1], виникає необхідність у розробці та реалізації програми, спрямованої на максимальне залучення їх у господарський оборот. Найбільш доцільним способом знешкодження гальванічних шламів є комплексне вилучення з них цінних компонентів. Однак усі розроблені в наступний час технології вимагають застосування багатостадійних процесів з використанням великої кількості

різноманітних, у тому числі токсичних реагентів (хімічні методи) або великої витрати енергії (електрохімічні методи). Крім того, реалізація таких процесів потребує серйозних капітальних вкладень. Так, одним із напрямків утилізації гальваношламів є їх термічна переробка на пігментні матеріали, насамперед для будівельної промисловості [6-10]. Відомо, що на основі гальваношламів можуть бути отримані наступні пігменти: коричневі, червоно-коричневі з технічними характеристиками на рівні характеристик природного пігменту – залізного сурика, синтетичного червоного – $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$, зелені, зелено-коричневі, антикорозійні пігментні матеріали у вигляді фосфатних сполук [10]. Пігменти, виготовлені з гальванічних шламів, можуть застосовуватися при виробництві керамзиту, черепиці, керамічної плитки. Найбільш надійним та екологічно безпечним способом утилізації гальванічних шламів як пігменти, є використання їх при виробництві скловиробів та емалей. Висока надійність має спосіб застосування пігментів, виготовлених з гальванічних шламів при виготовленні кольорових глазур для покриття облицювальних плиток. Також пігменти, виготовлені з гальванічних шламів, можуть застосовуватися у виробках народних промислів: при виробництві глиняних та керамічних виробів та іграшок (шкірянські іграшки).

Іншим способом утилізації гальванічних шламів є використання їх як наповнювач при виготовленні асфальтобетонних сумішей [8]. Однак, наявні відомості про використання гальванічних шламів в якості добавок у будівельні матеріали вказують, що жоден з перерахованих способів не отримав помітного промислового використання у зв'язку з недостатньою екологічною безпекою продуктів, що утворюються, і безповоротною втратою цінних металів.

Проблемою переробки металовмісних відходів стурбовані вчені та інженери багатьох країн. Найбільш радикально її вирішено в США, де за останні 20 років розроблено та здано в експлуатацію велику кількість установок для утилізації металовмісних відходів [2]. Загальна ідея розробок полягає в

тому, що висушені та подрібнені відходи додають до розплаву чавуну, внаслідок чого утворюються легований чавун. Також, шлами, що утворюються при очищенні гальванічних СВ електрокоагуляційним методом використовують для отримання котунів в металургії. При цьому метали (хром, нікель та інші) переходять у розплав чавуну, а неметалеві компоненти – силікати, алюмінати, вапно та інші – у вагранковий шлак. Один з нових напрямків у вирішенні проблеми ліквідації шламів полягає в їхній хімічній стабілізації, яка дозволяє отримувати нешкідливі або малотоксичні сполуки. Їх можна розміщувати в окремих місцях на міських звалищах або інших спеціально необладнаних майданчиках без загрози забруднення навколишнього середовища іонами важких металів вище допустимих норм.

Таким чином, в сучасних умовах зусилля промислових підприємств при утилізації відходів мають бути спрямовані не лише на мінімізацію утворення відходів, а й на виділення з них цінних компонентів, їхню рециркуляцію та вторинне використання. Крім розглянутих методів та способів очищення СВ та відходів гальванічного виробництва можливі й інші рішення, головною метою яких має бути їх економічна доцільність та забезпечення екологічної безпеки виробництва.

Список використаних джерел

1. Касимов О.М. Сучасні проблеми і рішення в системі управління безпечними відходами /О.М. Касимов, В.Т. Семенов, Н.Г. Щербань, В.В. М'ясоєдов – Харків: ХНАГХ, 2008. 510 с.
2. Gupta V.K., Ali I. *Environmental Water*. Amsterdam: Elsevier, 2013. Vol. 1. Article: 232. DOI: [10.1016/C2011-0-05782-4](https://doi.org/10.1016/C2011-0-05782-4).
3. Renu A.M., Singh K. Methodologies for removal of heavy metal ions from wastewater: an overview. *Interdisciplinary Environmental Review*, 2017. Vol. 18, No. 2. P. 124–142. DOI: [10.1504/IER.2017.10008828](https://doi.org/10.1504/IER.2017.10008828).
4. Gunatilake S.K. Methods of Removing Heavy Metals from Industrial Wastewater. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies (JMESS)*, 2015. Vol. 1, No. 1. P. 12–18.
5. Datsenko V., Khimenko N., Egorova L., Svishchova Ya., Dubyna O., Budvytska O., Lyubymova N., Pasternak V., Pusik L. Construction of the algorithm for assessing the environmental safety of galvanic sludges. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019. Vol. 6/10, No. 102. P. 42–48. DOI: [10.15587/1729-4061.2019.188251](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.188251).
6. Król A. Effect of high temperature on immobilization of heavy metals in concrete with an addition of galvanic sludge. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 2018. Vol. 109. P. 331–339. DOI: [http://doi.org/10.2495/wm080351](https://doi.org/10.2495/wm080351).
7. González-Corrochano B., Alonso-Azcárate J., Rodríguez L., Lorenzo A.P., Torío M.F., Ramos J.J. T. et. al. Valorization of washing aggregate sludge and sewage sludge for lightweight aggregates production. *Construction and Building Materials*, 2016. Vol. 116. P. 252–262. DOI: [http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.095](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.095).
8. Bednarik V.,

Vondruska M., Koutny M. Stabilization/solidification of galvanic sludges by asphalt emulsions. Journal of Hazardous Materials, 2005. Vol. 122, No. 1–2. P. 139–145. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.03.021> 9. Castañeda Bocanegra J.J., Espejo Mora E., Cubillos González G.I. Encapsulation in ceramic material of the metals Cr, Ni, and Cu contained in galvanic sludge via the solidification/stabilization method. Journal of Environmental Chemical Engineering, 2017. Vol. 5, No. 4. P. 3834–3843. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jece.2017.07.044> 10. Ol'shanskaya L.N., Lazareva E.N., Bulkina L.A. Recycling of Heavy Metals and Their Compounds from Galvanic Sludges to Produce Pigments and Fillers and the Active Species of Nickel–Iron (Cadmium) Battery Cathodes. Chemical and Petroleum Engineering, 2016. Vol. 52, No. 1–2. P. 138–142. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10556-016-0163-z>

ЯК ОЗОНОВІ ДІРИ ТА КОЛИВАННЯ ВМІСТУ ОЗОНУ В СТРАТОСФЕРІ ЗЕМЛІ КЕРУЮТЬ КЛІМАТОМ

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

Останніми роками на нашій планеті спостерігаються серйозні кліматичні зміни, що проявляються в першу чергу в стрибкоподібних змінах температури (різкі потепління та похолодання протягом року) [1, 4]. Зараз вже стало зрозуміло, що це є результатом переплітання та взаємного впливу складних атмосферних процесів, які протікають у стратосфері та іоносфері за участі гідросфери (морів та океанів).

Метою нашої роботи був аналіз доступної нам наукової інформації про основні тренди в еволюції клімату сьогодні та в перспективі.

Відправною точкою в цьому аналізі є інформація про те, що озон у стратосфері - це не лише щит від ультрафіолету, а й потужний термічний регулятор. Зменшення концентрації озону та формування озонових «дір» істотно впливають на циркуляцію повітряних мас у Північній півкулі [1, 2]. Стан стратосфери (шар атмосфери на висотах 10–50 км) має прямий і сильний вплив на зимову погоду та клімат біля поверхні Землі. Цей зв'язок реалізується переважно через динаміку полярного вихору (стратосферного циклону). Сильний вихор замикає холодне арктичне повітря на полюсі. У Європі та США зима стає м'якою, вологою та вітряною. Слабкий вихор дозволяє морозному повітрю прориватися на південь. У помірних широтах настають екстремальні

холоди та снігопади. Існує таке явище, як раптове стратосферне потепління (РСП). Суть явища полягає в тому, що температура у стратосфері над полюсом стрімко зростає на десятки градусів за кілька днів. Результатом є руйнування вихору повністю, або ж відбувається його часткове руйнування зі значним зміщенням полярного вихору від його початкової позиції. Ефект «спускається» до поверхні Землі із затримкою в 2–4 тижні після початку потепління. Ці процеси супроводжуються виникненням таких погодних аномалій як хвилі арктичного холоду в Європі, Азії та Північній Америці.

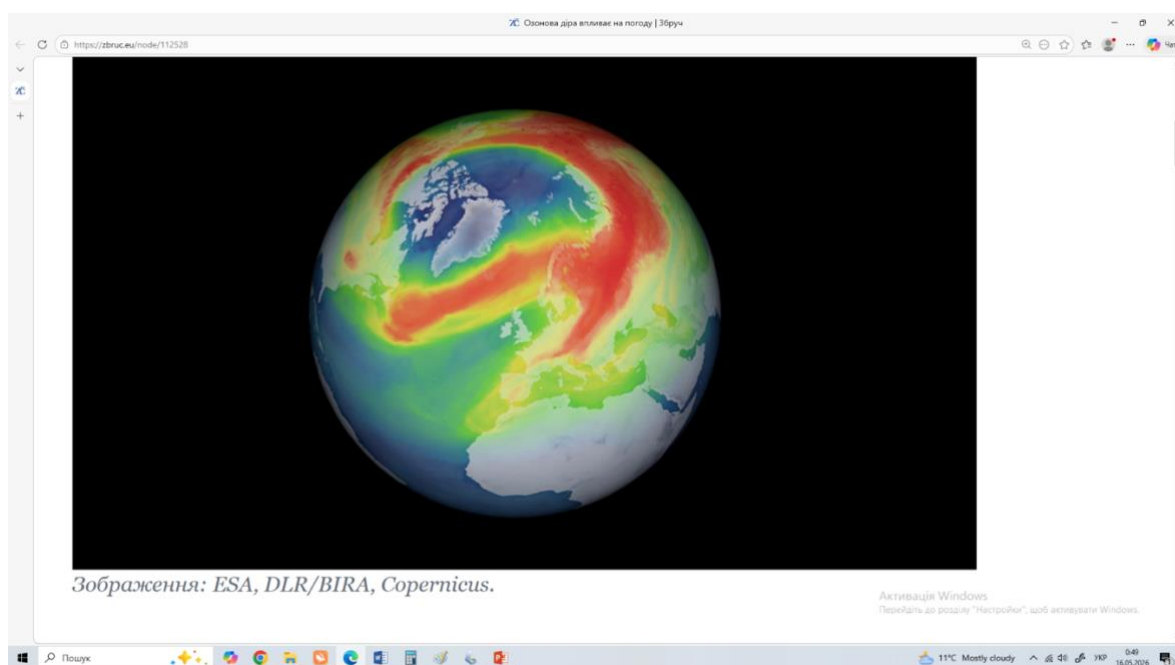


Рис. 1. Потужний арктичний вихор має високу стабільність. Це дозволило теплову повітря проникнути далеко на північ. Тепле повітря зображено червоним кольором.

В Україні кліматичні зміни відбуваються швидше за середньосвітові показники [1]. Це зими без снігу. Спостерігається стабільна тенденція до м'яких, безсніжних зим із короточасними періодами сильних морозів. Відбувається зсув кліматичних зон. Полісся та лісостеп стають більш посушливими, нагадуючи колишній степ [1, 3, 5, 7].

Стратосфера керує фазами північноатлантичних коливань океану та тропосфери, що визначають траєкторію зимових штормів. Вітри в тропічній

стратосфері змінюють напрямок кожні 28 місяців. Східна фаза послаблює полярний вихор, збільшуючи шанси на сувору зиму. Додатковий внесок робить Ель-Ніньйо: теплі фази в Тихому океані посилюють хвильову активність, яка прогріває стратосферу. Нерівномірний прогрів озоном коригує швидкість струминних течій вниз. В свою чергу озон у стратосфері та сонячна активність теж впливають на атмосферні процеси. Озон у стратосфері поглинає ультрафіолет і змінює розподіл тепла. 11-річний цикл активності Сонця змінює температуру верхньої стратосфери.

Озон поглинає сонячну радіацію та нагріває стратосферу. Коли концентрація озону зменшується (наприклад, під час формування озонових «міні-дір» над Арктикою навесні), стратосфера поглинає менше випромінювання й аномально охолоджується [1, 2]. Зацикленість полярного вихору всередині стратосфери провокує екстремальний холод та посилює температурний контраст із помірними широтами. Це робить полярний вихор надсильним і стабільним. Він наче стіна замикає все холодне повітря на самому полюсі й не випускає його на південь. Коли полярний вихор у стратосфері дестабілізується (переважно через РСП), крижане повітря Арктики проривається далеко на південь. В історії України кілька суворих зим чітко корелюють із цими процесами [1].

Зв'язок між стратосферою та погодою в Україні є дуже тісним, а глобальне потепління додає цьому процесу нових особливостей. Руйнування полярного вихору часто приносить в Україну потужні сибірські або арктичні антициклони. Самі такі процеси викликають найсильніші зимові похолодання (до -20°C і нижче). Хвилі холоду після стратосферних збуджень можуть утримуватися від 2 до 6 тижнів поспіль. Замість атлантичного тепла в Україну починають заходити південні циклони зі снігопадами.

Через глобальне потепління відбувається танення арктичного льоду. Менше льоду в Арктиці означає більше тепла в атмосфері, що частіше руйнує

полярний вихор. Зростає рівень екстремальності кліматичних процесів [5]. Самі зими в середньому стають теплішими, але різкі арктичні вторгнення стають більш непередбачуваними [1, 3, 4, 7]. Температурний контраст між полюсом і екватором зменшується [2]. Через це повітряні потоки частіше «петляють», що досить важко передбачати. Стратосферні потепління все частіше зсуваються на кінець зими або початок весни, провокуючи пізні заморозки [5, 7].

У довгострокових прогнозах погоди використовується одержана в режимі реального часу інформація про стан стратосфери. Це дозволяє метеорологам передбачати характер погоди за 1-2 місяці і давати ранні попередження [6]. Початок РСП - це сигнал про високу ймовірність суворої погоди через 2–3 тижні. Моделювання розвитку аномалій здійснюють сучасні суперкомп'ютери (наприклад, моделі Європейського центру середньострокових прогнозів погоди), які прораховують вертикальні хвилі між тропосферою і стратосферою. Такі прогнози допомагають енергетикам завчасно розраховувати навантаження на мережі та запаси палива на зиму.

Головну роль у сучасних змінах клімату зараз відіграють часто неконтрольовані викиди у атмосферу метану [1, 3].

Умовно ці викиди можна розділити на дві складові. Перша пов'язана з роботою нафтовидобувних компаній. Друга – з природними факторами. За своїми значимостями перша поки що переважає другу, але в перспективі вона стане тим тригером, що на повну потужність запустить другу, яку людство контролювати не зможе. Існує гіпотеза, яка називається «метангідратною рушницею» (clathrate gun hypothesis). Її часто пов'язують з «Великим вимиранням» (Пермським вимиранням), що сталося приблизно 252 млн років тому. Тоді вимерло понад 90% морських видів і 70% наземних. Був початковий поштовх. Гігантські виверження вулканів (Сибірські трапи) викинули у море CO₂, що спричинило глобальне потепління. Розпочалася ланцюгова реакція: океан прогрівся настільки, що поклади метангідратів (замерзлий метан на дні

океану) почали танути. Метан – це парниковий газ, який значно потужніший за CO₂. Його різкий викид утворив замкнене коло: тепліше -> більше метану -> ще тепліше. Це називається позитивний зворотній зв'язок. Температура планети підскочила на критичні 10-15 градусів. Подібний сценарій (але в менших масштабах) точно підтверджений для Палеоцен-еоценового термального максимуму (56 млн років тому). Тоді викид метану спричинив різке потепління на 5-8 градусів, хоча це й не призвело до такого масового вимирання, як у Пермському періоді. Ситуація в Арктиці сьогодні є однією з найбільш обговорюваних тем серед кліматологів. Існує теорія, що різкий викид 50 гігатонн метану може статися протягом кількох років, що миттєво прискорить глобальне потепління на десятиліття. Більшість сучасних моделей вказують на те, що метан виділятиметься поступово. Це не буде один гігантський вибух, а радше «хронічний витік», який діятиме як постійний прискорювач потепління протягом усього XXI століття. Зараз температура в Арктиці зростає у 3-4 рази швидше, ніж у середньому по планеті. Мерзлота тане швидше. Вивільняється більше метану. Посилюється парниковий ефект, що ще сильніше нагріває Арктику [1, 2]. Якщо цей процес перейде певну «точку неповернення», людство не зможе його зупинити, навіть якщо ми повністю припинить антропогенні викиди. Природа почне «обігрівати» сама себе. Далі настає катастрофа.

Висновки із написаного вище є невтішними. Ми намагаємося вимірювати зміни концентрації парникових газів. Останнім часом в цьому дуже ефективними зарекомендували себе спеціальні супутникові системи різного призначення, здатні давати інформацію в режимі реального часу. Ми здійснюємо ретроспективні дослідження причин і наслідків глобальних катастроф у минулому нашої планети, будуємо і досліджуємо моделі з метою спрогнозувати своє майбутнє, але природа завжди залишається на кілька кроків попереду у своїй складності. Можливо, саме в цьому і полягає головний урок: ми не господарі планети Земля, а лише її тимчасові пасажери, які мають

можливість спостерігати за її неймовірною та іноді лякаючою еволюцією. На такий песимістичний висновок нас наштовхнули наші неодноразові дискусії зі штучним інтелектом.

Список використаних джерел:

1. Зміна клімату в Україні та світі [Електронний ресурс] / Ecoaction. – Режим доступу: [Ecoaction — Зміна клімату в Україні та світі](#) (дата звернення: 17.05.2026).
2. Зміна клімату [Електронний ресурс] // Wikipedia. – Режим доступу: [Wikipedia — Зміна клімату](#) (дата звернення: 17.05.2026).
3. Зміна клімату [Електронний ресурс] / Національний екологічний центр України. – Режим доступу: [НЕЦУ — Зміна клімату](#) (дата звернення: 17.05.2026).
4. Що ми розуміємо під зміною клімату [Електронний ресурс] / WWF Україна. – Режим доступу: [WWF Україна — Що ми розуміємо під зміною клімату](#) (дата звернення: 17.05.2026).
5. Наслідки глобального потепління [Електронний ресурс] // Wikipedia. – Режим доступу: [Wikipedia — Наслідки глобального потепління](#) (дата звернення: 17.05.2026).
6. Науковці визначили 5 сценаріїв адаптації до зміни клімату [Електронний ресурс] / РБК-Україна. – Режим доступу: [РБК-Україна — Сценарії адаптації до зміни клімату](#) (дата звернення: 17.05.2026).
7. Наслідки зміни клімату [Електронний ресурс] / Ecoaction. – Режим доступу: [Ecoaction — Наслідки зміни клімату](#) (дата звернення: 17.05.2026).

ОСОБЛИВОСТІ РАДІОЛОГІЧНОГО ТА ХІМІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ АГРОЛАНДШАФТІВ У ЗОНАХ АКТИВНИХ ВИБУХОВИХ ВПЛИВІВ

Чайка Т. О. (м. Полтава)

Повномасштабне вторгнення росії спричинило безпрецедентне мінне забруднення, що робить Україну однією з найбільш замінованих країн світу [1]. Станом на кінець 2022 року загальна площа територій, які зазнали безпосереднього впливу збройної агресії, становила майже 174 тис. км². У вересні 2025 року площа територій під впливом вибухонебезпечних предметів скоротилася до майже 137 тис. км². Водночас така оцінка не є остаточною, оскільки тривають активні бойові дії [2].

Вибухові та техногенні впливи завдали системної шкоди ґрунтовому покриву: фізичне руйнування внаслідок вибухів та ущільнення технікою поєднуються з хімічним забрудненням продуктами детонації боєприпасів, паливно-мастильними матеріалами (ПММ) і залишками озброєння. Висока стійкість токсикантів у ґрунтах створює ризики тривалого виведення угідь із

сільськогосподарського обігу та формує довгострокові екологічні й соціально-економічні наслідки. Аналіз наукових джерел засвідчує, що війна призводить до механічного пошкодження та пролонгованого хімічного забруднення ґрунтів, що може мати значний вплив на екосистемні функції та безпеку продовольчих систем [3]. При цьому необхідно враховувати, що без системних заходів відтворення деградовані землі можуть втратити продуктивний потенціал на тривалий період [4]. Це зумовлює необхідність розробки стратегії інтегрованого відновлення пошкоджених агроландшафтів на засадах фіторе mediaційних систем [5], що корелює зі стратегічними рекомендаціями FAO щодо відновлення постраждалих від війни ґрунтів [6] та принципами екологічного відновлення UNEP [7].

Однак реалізація будь-яких рекультиваційних заходів – включаючи фіторе mediaційні системи – є принципово неможливою без попереднього очищення території від вибухонебезпечних предметів. У цьому контексті екологічне гуманітарне розмінування постає не лише як захід безпеки, а як питання національної безпеки та невід’ємна передумова відновлення аграрного сектору. Воно передбачає не просто вилучення вибухонебезпечних предметів, а й мінімізацію шкоди довкіллю під час робіт [8]. Тільки після завершення цього етапу стає можливим перехід до комплексної діагностики стану ґрунтового покриву та визначення рівнів хімічного забруднення.

Важливим етапом рекультивації ґрунтового покриву, після проведення гуманітарного розмінування, є комплексна діагностика його стану та кількісне визначення рівнів забруднення різними токсикантами, що утворилися внаслідок вибухових і техногенних впливів у зоні бойових дій. У роботі [9] було зазначено, що військові операції супроводжуються накопиченням у ґрунті важких металів, компонентів вибухових речовин, продуктів детонації та ПММ, що зумовлює необхідність систематичного моніторингу й оцінювання їх просторового розподілу. Також, автори зазначали, що особливо високі

концентрації забруднювачів спостерігаються в епіцентрах вибухових впливів, де внаслідок локалізованої акумуляції токсичних компонентів їх рівні можуть значно перевищувати фонові значення.

На цьому етапі проводиться систематичний відбір ґрунтових проб із урахуванням типових класифікаційних зон забруднення (кратерні зони та прилеглі масиви). Використання стандартизованих методик пробовідбору гарантує репрезентативність вибірки для подальшого лабораторного аналізу. Подібні підходи також застосовуються у практичних протоколах відбору ґрунтових проб, запропонованих US Army Corps of Engineers [10]. Густота точок відбору проб варіює залежно від розміру пошкодженої території та характеру забруднення, але для репрезентативної оцінки просторової неоднорідності рекомендується не менше однієї проби на 100 м² у межах кратерних зон та однієї проби на 500 м² у буферних ділянках, що створює обґрунтовану основу для кількісної оцінки забруднення та подальших рекультиваційних заходів.

Відповідно до підходу [11], лабораторний аналіз відібраних зразків передбачає визначення концентрацій важких металів, зокрема свинцю (Pb), кадмію (Cd), цинку (Zn), міді (Cu), хрому (Cr), нікелю (Ni) та ртуті (Hg), які є типовими компонентами техногенного навантаження на ґрунти в умовах воєнного впливу. Оцінювання здійснюється як за валовим вмістом металів, так і за їх рухливими (біодоступними) формами, оскільки саме останні визначають рівень екологічної небезпеки та потенційну здатність до акумуляції рослинами. Встановлено, що мобільні форми Pb, Cd, Zn та інших металів характеризуються вищою фітотоксичністю порівняно з їх стабілізованими сполуками, що зумовлює необхідність їх обов'язкового контролю в агроєкосистемах [12]. Визначення рухливих форм здійснюється методом екстракції ацетатно-амонійним буферним розчином із рН 4,8, який дозволяє оцінити потенційну

доступність металів для кореневої системи рослин і реальний рівень токсичності ґрунту.

Радіологічне обстеження території передбачає вимірювання потужності експозиційної дози гамма-випромінювання за допомогою польових дозиметрів-радіометрів і лабораторне визначення питомої активності радіонуклідів у ґрунті, зокрема цезію-137 (^{137}Cs) та стронцію-90 (^{90}Sr). За даними [10], необхідність проведення радіологічного контролю зумовлена можливістю радіоактивного забруднення внаслідок застосування окремих видів боєприпасів або проведення бойових дій на територіях із попереднім техногенним навантаженням. Радіонукліди ^{137}Cs та ^{90}Sr характеризуються здатністю до фіксації у ґрунтовому профілі та потенційного включення до біогеохімічних циклів, що створює ризик їх надходження до рослинної продукції. Зазначається, що комплексний радіологічний моніторинг дозволяє своєчасно ідентифікувати зони підвищеної радіаційної небезпеки та визначити доцільність обмежень щодо подальшого сільськогосподарського використання земель [13].

Аналіз хімічних забруднювачів передбачає визначення залишків вибухових речовин (тротилу, гексогену, октогену), продуктів їх детонації (нітрати, нітрити), а також компонентів ПММ, зокрема поліциклічних ароматичних вуглеводнів і нафтопродуктів. Вказані сполуки є характерними для територій активних бойових дій і відзначаються високою токсичністю щодо ґрунтової мікробіоти, безхребетних організмів і рослин. Їх накопичення суттєво уповільнює процеси природної саморегуляції та біологічного відновлення ґрунтів. Накопичення нітросполук і нафтопродуктів у верхньому горизонті ґрунту може призводити до порушення мікробіологічної активності, зміни окисно-відновних умов і трансформації кругообігу елементів живлення [3].

Додатковим індикатором стану ґрунту є його біотична складова — мікробіологічна активність та фітотоксичність, які відображають інтегральну

реакцію екосистеми на техногенне навантаження і можуть слугувати критерієм завершеності рекультивації [14].

Отже, систематизація показників діагностики дозволяє не лише ідентифікувати зони екологічної небезпеки, а й сформувати доказову базу для оцінки екологічних збитків відповідно до міжнародних протоколів UNEP та FAO. На основі узагальнення вітчизняних методичних підходів та міжнародних стандартів (US Army Corps of Engineers), було сформовано перелік ключових індикаторів моніторингу (табл. 1).

Таблиця 1

Показники та методи діагностики стану агроландшафтів після воєнного впливу

Категорія показників	Об'єкти дослідження / Показники	Метод визначення
Фізична деградація	Кратерні зони, зони ущільнення технікою	Морфологічний опис, вимірювання глибини та діаметру вирв
Важкі метали	Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, Ni, Hg (валовий вміст і рухливі форми)	ААС або ІСП-ОЕС; екстракція ацетатно-амонійним буфером (pH 4,8)
Вибухові речовини	Тротил (TNT), гексоген (RDX), октоген (HMX), тетранітрат пентаеритритолу (PETN)	Хроматографічні методи (ВЕРХ)
Радіологічні показники	Питома активність ^{137}Cs та ^{90}Sr	Гамма- та бета-спектрометрія
Продукти детонації та ПММ	Нітрати, нітрити, нафтопродукти, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ)	Фотометрія, гравіметрія, люмінесцентні методи
Біотичні показники	Стан мікробіоти, ферментативна активність ґрунту (дегідрогеназна, уреазна), фітотоксичність	Мікробіологічні посіви, ензимологічний аналіз, біотестування

Наведений комплекс показників забезпечує системне охоплення всіх типів воєнно-техногенного забруднення та може бути адаптований залежно від характеру пошкоджень конкретної ділянки. Отримані діагностичні дані слугують науковою основою для розробки цільових рекомендацій щодо послідовного застосування методів рекультивації: інженерних (відновлення рельєфу, демонтаж залишків фортифікацій), агрохімічних (вапнування,

сорбційна меліорація) та фіторе mediaційних (фітоекстракція і фітостабілізація важких металів).

Таким чином, комплексна діагностика стану агроландшафтів після воєнного впливу є необхідною передумовою науково обґрунтованого вибору стратегії рекультивзації. Інтеграція хімічних, радіологічних і біотичних методів моніторингу у єдину систему оцінювання дозволяє отримати повну картину забруднення, визначити пріоритетні зони відновлення та забезпечити доказову базу для міжнародних компенсаційних механізмів. Реалізація таких підходів відповідає стратегічним рекомендаціям FAO та UNEP і формує методологічне підґрунтя для розроблення національних протоколів повоєнного відновлення ґрунтового покриву України.

Список використаних джерел:

1. Beznosiuk M. *Landmines and land use: unblocking ukraine's rural and climate recovery*. ISPI. 2025. URL : <https://www.ispionline.it/en/publication/landmines-and-land-use-unblocking-ukraines-rural-and-climate-recovery-214597>.
2. Худякова О. ДСНС: Близько 23% території України потребує розмінування. У Фокусі. 2025. URL: <https://www.dw.com/uk/dsns-blizko-23-vidsotkiv-teritorii-ukraini-potrebue-rozminuvanna/a-74735901>.
3. Gulich M.P., Kharchenko O.O., Yemchenko N.L., Olshevska O.D., Lyubarska L.S. *War in Ukraine: agricultural soil degradation and pollution and its consequences*. *Hygiene of Populated Places*. 2024. Vol. 74. P. 49–56. doi: 10.32402/hygiene2024.74.049.
4. Чайка Т.О., Короткова І.В. Напрями та технології відтворення родючості ґрунтів в Україні в післявоєнний період. *Агробіологія*. 2023. № 1. С. 142–156. doi: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-142-156.
5. Чайка Т., Стеценко А. Стратегія інтегрованого відновлення бєлігеративних агроландшафтів. *Екологічні проблеми сучасності. Екологія та здоров'я людини : Всеукр. дистанц. екологічна наук.-практ. конф. з міжнар. участю, м. Харків, 3 квітня 2026 р. Харків : Фаховий коледж НФаУ, 2026. С. 162–167.*
6. FAO. *Checklist for soil remediation*. Rome, 2025. doi: 10.4060/cd4404en.
7. Dayani J., Straus F., Uras A. *From crisis to recovery: managing the environmental impacts of armed conflict*. UNEP, 2025. <https://blogs.icrc.org/app/uploads/sites/102/2025/12/from-crisis-to-recovery-managing-the-environmental-impacts-of-armed-conflict-2.pdf>.
8. Жданюк І. Екологічне гуманітарне розмінування: чому це питання національної безпеки та відновлення України. URL: <https://www.yakist.org/ekologichne-gumanitarne-rozminuvannya-chomu-ce-pytannya-nacionalnoi-bezpeky-ta-vidnovlennya-ukrainy/>
9. Solokha M., Demyanyuk O., Symochko L., Mazur S., Vynokurova N., Sementsova K., Mariychuk R. *Soil degradation and contamination due to armed conflict in Ukraine*. *Land*. 2024. Vol. 13(10). Article: 1614. doi: 10.3390/land13101614.
10. US Army Corps of Engineers. *Engineering Manual EM 200-1-15: Technical guidance for military munitions response actions*. 2015. URL: https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_200-1-15.pdf.
11. Young S.D. *Chemistry of heavy metals and metalloids in soils. Heavy metals in soils ; 3rd ed. / ed. B.J. Alloway. Springer, 2013. P. 51-96.*
12. Cao X., Ma L.Q., Chen M., Hardison D.W., Jr., Harris W.G. *Lead transformation and distribution in the soils of shooting ranges in Florida, USA. Science of The Total Environment*. 2003. Vol. 307(1–3). P. 179–189. doi: 10.1016/S0048-

9697(02)00543-0. **13.** Broomandi P., Guney M., Kim J.R., Karaca F. Soil contamination in areas impacted by military activities: A critical review. *Sustainability*. 2020. Vol. 12(21). Article: 9002. doi: 10.3390/su12219002. **14.** Brookes P.C. The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of Soils*. 1995. Vol. 19. P. 269–279.

ПОЖЕЖО- ТА ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНІ ХІМІЧНІ РЕЧОВИНИ У ПРОМИСЛОВOSTІ

Дрожжана О.У. (м. Полтава)

У сучасній промисловості широко застосовуються різноманітні хімічні речовини, які за певних умов можуть становити значну небезпеку для працівників, обладнання та навколишнього середовища. Особливу увагу слід приділяти пожежо- та вибухонебезпечним речовинам, оскільки їх використання пов'язане з ризиком виникнення аварій, пожеж і техногенних катастроф. Забезпечення безпечних умов праці при роботі з такими речовинами є важливим завданням охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Пожежонебезпечні речовини поділяються на горючі гази, легкозаймисті рідини, горючі тверді матеріали та пилоповітряні суміші. Особливо небезпечними є речовини з низькою температурою спалаху, оскільки вони здатні швидко утворювати вибухонебезпечне середовище. У промисловості часто використовують бензин, ацетон, спирти, мастильні матеріали, природний газ та інші речовини, які характеризуються низькою температурою спалаху та високою швидкістю горіння. Особливу небезпеку становлять вибухонебезпечні суміші газів, парів або пилу з повітрям. Одним із критеріїв вибухонебезпеки є нижня концентраційна межа поширення полум'я, яка визначає мінімальну концентрацію горючої речовини у повітрі, за якої можливе займання [1].

За даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій, протягом 2025 року в Україні було зафіксовано понад 90 тисяч пожеж, унаслідок яких загинуло близько 1250 осіб та понад 1700 людей отримали травми. Значна частина пожеж виникає саме на промислових об'єктах та підприємствах, де

використовуються небезпечні хімічні речовини. Лише у природних екосистемах з початку року виникло понад 22 тисячі пожеж, що свідчить про високий рівень пожежної небезпеки та необхідність постійного вдосконалення систем безпеки [2].

Таблиця 1

Статистика пожеж в Україні за 2025 рік

Показник	Кількість
Загальна кількість пожеж	понад 90 000
Кількість загиблих	близько 1250 осіб
Кількість травмованих	понад 1700 осіб
Пожежі у природних екосистемах	понад 22 000
Основні причини пожеж	необережне поводження з вогнем, порушення правил експлуатації обладнання, несправність електромереж
Найбільш небезпечні об'єкти	промислові підприємства, склади ПММ, елеватори, хімічні виробництва

Наведені статистичні дані свідчать про високий рівень пожежної небезпеки в Україні та необхідність посилення контролю за використанням пожежо- та вибухонебезпечних речовин у промисловості.

Вибухи можуть виникати внаслідок порушення технологічних процесів, несправності обладнання, накопичення пилу або недотримання правил безпеки. Значну небезпеку створює зерновий пил на підприємствах агропромислового комплексу, борошномельних заводах та елеваторах. За певної концентрації у повітрі пил утворює вибухонебезпечне середовище, яке може спалахнути навіть від невеликої іскри. Подібні випадки призводять до значних матеріальних збитків і можуть супроводжуватися людськими жертвами.

Основними причинами виникнення пожеж та вибухів у промисловості є порушення правил експлуатації обладнання, використання несправних електроприладів, накопичення статичної електрики, витоки газів і легкозаймистих рідин, а також недостатній контроль за технологічними процесами. Нерідко причиною аварій стає людський фактор, а саме недотримання вимог охорони праці та виробничої дисципліни [1].

Для забезпечення безпеки на виробництві необхідно здійснювати комплекс організаційних та технічних заходів. Одним із найважливіших заходів є правильне зберігання хімічних речовин відповідно до встановлених норм і стандартів. Легкозаймисті та вибухонебезпечні матеріали повинні зберігатися у спеціально обладнаних приміщеннях із вентиляцією, системами пожежогасіння та контролю температури.

Важливе значення має використання засобів індивідуального захисту, таких як спецодяг, респіратори, захисні окуляри та рукавиці. Працівники повинні проходити регулярний інструктаж з охорони праці та знати порядок дій у разі виникнення аварійної ситуації. На підприємствах необхідно проводити контроль концентрації шкідливих і вибухонебезпечних речовин у повітрі робочої зони.

Для зниження ризику вибухів на сучасних підприємствах використовують автоматизовані системи контролю концентрації газів, теплові сенсори, системи інертного газового захисту та пиловловлювальні установки. Ефективним засобом запобігання пожежам є застосування автоматичних систем сигналізації та пожежогасіння, які дозволяють своєчасно виявити загоряння та локалізувати його на початковій стадії.

Під час пожеж і вибухів у атмосферу потрапляють оксиди азоту, чадний газ, сірчисті сполуки та канцерогенні речовини, що негативно впливають на здоров'я людини та стан довкілля. Тому забезпечення пожежної безпеки має важливе не лише виробниче, а й екологічне значення.

Отже, пожежо- та вибухонебезпечні хімічні речовини становлять серйозну загрозу у промисловості та потребують суворого контролю під час зберігання, транспортування і використання. Аналіз причин виникнення пожеж і вибухів свідчить про необхідність комплексного підходу до забезпечення техногенної безпеки, який повинен поєднувати сучасні технології моніторингу, автоматизацію виробничих процесів та підвищення рівня підготовки персоналу.

Список використаних джерел:

1. *Основи пожежної безпеки: підручник / О. В. Третяков, Є. В. Доронін, Б. Д. Халмурадов, С.В. Зозуля. Київ: Вид. «ЦУЛ», 2024. 356 с.* 2. *Державна служба ДСНС України. URL: <https://dsns.gov.ua/>*

ХАНТАВІРУС: ЩО ВІДОМО ЗАРАЗ, НАСКІЛЬКИ ЦЕ НЕБЕЗПЕЧНО?

Опара Н.М. (м. Полтава)

Круїзний лайнер MV Hondius 1 квітня 2026 року вийшов із Аргентини в атлантичний круїз. На борту були пасажирів і екіпаж з 23 країн. На його борту відбувся смертоносний спалах хантавірусу. 11 квітня на борту помер перший пасажир – громадянин Нідерландів. ВООЗ припускає він заразився вірусом ще до посадки на борт. За даними Міністерства охорони здоров'я Аргентини, з кінця листопада він подорожував з дружиною по Аргентині, Чілі, Уругваю. Його дружина зійшла із судна 24 квітня на острові Святої Олени в Північній Атлантиці, вилетіла в Йоханнесбург і померла там у лікарні 26 квітня. 2 травня на борту померла пасажирка з Німеччини – її тіло залишалося на судні і буде доставлено в Нідерланди. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) відносить усіх пасажирів до «контактів високого ризику» через тривалий інкубаційний період хантавірусу. Серед восьми підозрілих випадків – шість підтверджені як зараження вірусом Андес – єдиним штамом хантавірусу, що передається від людини до людини. Разом з тим ВООЗ підкреслює, що ризик для широкої громадськості «абсолютно не високий».

Хантавіруси (ортохантавіруси) – це група вірусів, що переносяться гризунами, які можуть викликати у людей важкі захворювання з ураженням легень, нирок, серцево-судинної системи. Захворювання не є новим, але періодично викликає локальні спалахи (наприклад, в Північній Америці у 2026 році). Переносниками захворювання є дикі гризуни (миші, пацюки, полівки), у яких вірус не викликає захворювання. Зараження відбувається через вдихання пилу, що містить часточки висохлої сечі, слини або помету інфікованих

гризунів. Найнебезпечніші періоди для інфікування людей від гризунів – пізня весна, літо та осінь, коли активність людей стосовно природи зростає. Також можливий контакт через вживання забрудненої їжі або через пошкоджену шкіру. Контактного шляху передачі захворювання від людини до людини не існує. Як виключення фахівці називають вірус «Андес» (Південна Америка), який у рідких випадках може передаватися при дуже тісному контакті.

Хантавірусна інфекція протікає у двох головних формах:

1. Геморагічна лихоманка з нирковим синдромом (ГЛНС): розповсюджена в Європі та Азії. Викликає крововиливи (носові кровотечі, крововиливи в склеру), ураження нирки
2. Хантавірусний кардіопульмональний синдром (ХКПС/HPS): характерний для Північної та Південної Америки. Вражає легені і серце, викликаючи гостру дихальну недостатність.

Інкубаційний період хвороби становить від 1 до 8 тижнів (частіше 2-4 тижні). Усі симптоми захворювання поділяють на ранні та пізні. До ранніх симптомів відносять біль у м'язах, блювоту, втому, головний біль, діарею, різке підвищення температури. Серед пізніх симптомів розрізняють: задишку, затруднене дихання (через заповнення легень рідиною), зниження кількості сечі, порушення згортання крові, сильний кашель. При важких формах захворювання (особливо ХКПС) летальність може досягати 30-40%. Лікування – специфічного (антидота) не існує. На даний час безпечна і ефективна вакцина для людей відсутня. Частіше всього лікування є симптоматичним і часто вимагає госпіталізації в блок реанімації та інтенсивної терапії (БРІТ).

Серед заходів профілактики хантавірусної хвороби розрізняють наступні:

1. Використовувати рукавиці та респіратори під час прибирання горищ, дачних будиночків, підвалів.
2. Закривати щілини у будинках, щоб гризуни не могли проникати в середину.

3. Зберігати продукти харчування в недоступних для гризунів місцях (контейнери).
4. Не підмітати і не пилюсити сухі місця, де мешкали гризуни, щоб не підіймати пил.
5. Уникайте контакту з гризунами – не чіпайте живих або мертвих мишей та пацюків.
6. Уникайте ночівлі просто неба в лісах чи місцях, де можуть бути заражені гризуни. На природі використовуйте намет із захисною сіткою та дотримуйтеся гігієни продуктів та рук.
7. Дезінфікуйте поверхні в приміщеннях, де бачили гризунів. Користуйтеся спиртовмісним або іншим ефективним антисептиком для обробки підлоги, столів та інших місць, де могли бути виділення тварин.

8 травня The Guardian повідомила про третього британського пасажирів з підозрою на хантавірус, пов'язаним з цим круїзом; британським пасажирів і членам екіпажу, що поверталися додому предписали 45 діб ізоляції та спостереження. Вранці 10 травня круїзний лайнер прибув у порт Гранаділья-де-Абона на острові Тенеріфе. Під ескортом корабля іспанської жандармерії Guardia Civil. На борту лайнера знаходилося біля 150 чоловік. З 8⁰⁰ за місцевим часом пасажирів і частину екіпажу почали евакуювати до берега катерами, після чого їх доставляли на літаки для повернення на батьківщину. Більшість людей на борту – громадяни країн Євросоюзу, Великобританії, США. Серед пасажирів також декілька німців. За настоянням місцевої влади судно не заходило в порт, а стояло на якорі біля берега. Частина екіпажу залишалася на борту і пізніше відправилася з судном в Нідерланди. В Гранаділью приїздив генеральний директор ВООЗ Гедрос Аден Гебрейесус, для спостереження за евакуацією. В своєму відкритому листі до мешканців Тенеріфе він завірив: «Це не новий COVID».

Чому історія з лайнером стала тривожною: довгий маршрут, загальні зони, закритий простір, пасажирів, частина яких встигла зійти на берег до підтвердження діагнозу. Всесвітня організація охорони здоров'я оцінює ризик для населення світу як низький. ЄСДС – Європейський центр профілактики і контролю захворювань дотримується такої ж думки. Але це не означає, що нових випадків серед вже контактувавших людей не буде. ВООЗ попереджає: через інкубаційний період можуть з'явитися ще захворівші.

Чому ж таки всі злякалися? Тому що зійшлися три тригерні слова «смертельний», круїзний лайнер і пам'ять про COVID. І ще одна деталь – вірус Андес дійсно може передаватися між людьми, нехай і обмежено, але медична картина на даний момент інша. Це серйозний спалах, що вимагає міжнародної координації. Це небезпечна інфекція, для тих, хто заразився. Поки що головний висновок, що ми можемо зробити – слідкувати за новинами потрібно, панікувати – ні. За рекомендаціями ЄСДС пасажирів з симптомами повинні бути пріоритетними для медичної оцінки та тестування після прибуття. Залежно від свого стану та оперативних рішень, вони можуть або ізолюватися на Тенеріфе, або бути репатрійованими для медичної ізоляції у свої рідні країни. Якщо тест позитивний, ізоляційні заходи та медична допомога повинні продовжуватися. Якщо тест негативний, карантинні заходи та заходи моніторингу все ще можуть застосовуватися до шести тижнів як запобіжний захід. Пасажирів без симптомів в даний час вважаються контактом високого ризику в якості запобіжного заходу. Вони повинні бути репатрійовані на самокарантин у свої рідні країни за допомогою спеціально організованого транспорту відповідними країнами та механізмом цивільного захисту ЄС. Вони не будуть використовувати регулярні комерційні рейси. Якщо симптоми будуть розвиватися, слід пройти медичний огляд і тестування. При висадці пасажирів все ще вважалися підвищеним ризиком.

Список використаних джерел:

1. Електронний ресурс: <https://www.unian.ua/health/hantavirus-simptomi-likuvannya-smertnist-sposobi-peredachi-13375587.html>.
2. Електронний ресурс: <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/c362w2wppx4o>.
3. Електронний ресурс: <https://tsn.ua/zdorovya/shcho-vidomo-pro-khantavirus-iak-peredayetsia-skilky-zarazenykh-i-chy-ye-vaktsyna-3078299.html>

ВИВЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИЛУЧЕННЯ ПРИРОДНОГО БІТУМУ

Деркач А.В., Кузнецова Т.Ю. (м. Полтава)

Перспективні технології вилучення природних бітумів (асфальт, озокерит чи мальта) з нафтових пісків або порід, спрямовані на підвищення ефективності, зниження витрат та мінімізацію екологічного впливу, з урахуванням глобальних викликів – декарбонізації та зростання попиту на стійкі матеріали [1]. У 2025 році, за даними галузевих прогнозів, акцент робиться на in-situ методах (видобуток на місці без поверхневої розробки), які домінують для глибоких родовищ (глибина >50 м), забезпечуючи коефіцієнт видобутку 10-50%, порівняно з відкритою розробкою (до 90% для поверхневих родовищ з глибиною 10 000 сП при кімнатній температурі) до 10-100 сП і скоротити викиди CO₂ на 20-50% (з 70-100 кг/барель до 40-70 кг/барель) [2]. Ці інновації стимулюються регуляціями (EU Green Deal та канадські емісійні квоти) з метою досягти нульових викидів до 2050 року. У Канаді (Athabasca) та Венесуелі (Orinoco) ці технології підвищують виробництво на 5-10% щорічно, з прогнозом зростання до 4 млн б/д у Канаді до 2030 року, тоді як в Україні (Карпати) перспективи пов'язані з адаптацією для озокериту, з потенціалом 10-15 тис. тонн/рік, інтегруючи з локальними нафтопереробними заводами для виробництва мастил і будівельних матеріалів [3].

Метод SAGD (Steam-Assisted Gravity Drainage). Метод SAGD (Steam-Assisted Gravity Drainage) є провідною технологією вилучення важкої нафти та природних бітумів з глибоких родовищ, де бітум має високу в'язкість (>10 000

сП) і не може вільно текти. SAGD був розроблений у 1980-х роках у Канаді (Roger Butler, Imperial Oil) і став стандартом для нафтових пісків, як у басейні Athabasca. Принцип полягає в використанні двох горизонтальних свердловин, розташованих одна над одною на відстані 5-7 м: верхня свердловина використовується для інжекції пари (температура 200-250°C, тиск 1-3 МПа), яка нагріває бітум, зменшуючи його в'язкість до 10-100 сП і роблячи рухливим. Нагрітий бітум, змішаний з конденсованою водою, стікає під дією гравітації до нижньої свердловини, де відкачується на поверхню. Процес є безперервним, з тривалістю 5-15 років на пару свердловин, і застосовується для пластів товщиною >15 м на глибині 100-500 м. Коефіцієнт видобутку сягає 40-70%, з продуктивністю 100-500 барелів/добу на пару. У 2025 році SAGD становить 80% in-situ виробництва в Канаді (1,65 млн б/д), з глобальними інвестиціями в 5-10 млрд дол. для великих проєктів, але потребує високого співвідношення пари до бітуму (steam-oil ratio, SOR = 2-3) [4].

Процес SAGD розпочинається з буріння двох горизонтальних свердловин (довжина 500-1000 м), розташованих паралельно в пласті бітуму. Верхня свердловина (інжектор) оснащена перфорованими трубами для рівномірної інжекції пари, яка створює «парову камеру» – зону нагріву, що розширюється вгору та в сторони (швидкість розширення 0,1-0,5 м/добу). Пара конденсується, передаючи тепло бітуму (латентна теплота 2000-2200 кДж/кг), що викликає термічне розширення та зниження в'язкості. Нагрітий бітум і конденсат стікають вниз під гравітацією, накопичуючись навколо нижньої свердловини (продюсер), де встановлено насоси (ESP або gas lift) для відкачки емульсії (бітум + вода). На поверхні емульсія сепарується (гаряча вода + флотатори), а вода рециркулюється (рециклінг 90-95%). Температурний режим контролюється термопарами, а тиск – для запобігання прориву пари (steam breakthrough). У 2025 році SAGD оптимізується за допомогою цифрових

двійників (Petrel, Eclipse), що прогнозують SOR з точністю 90% і зменшують втрати пари на 10-15% [5-7].

Метод CSS (Cyclic Steam Stimulation). Cyclic Steam Stimulation (CSS), відомий також як «huff-and-puff» (вдих-видих), є термічним методом in-situ вилучення природних бітумів (асфальт, озокерит, мальта) та важкої нафти з родовищ, де висока в'язкість ($>10\,000$ сП при 20°C) унеможливорює природний потік. Метод був розроблений у 1960-х роках у Канаді та США і широко застосовується для неоднорідних пластів (товщина 10-50 м, глибина 50-500 м), де SAGD (Steam-Assisted Gravity Drainage) менш ефективний через геологічну складність або менший CAPEX. CSS використовує циклічну інжекцію пари для нагрівання бітуму, зменшення його в'язкості до 10-100 сП та подальшого відкачування через ту ж свердловину. У 2025 році CSS становить 20-30% in-situ виробництва в Канаді (0,5-0,7 млн барелів/добу), з OPEX 15-30 дол./барель і коефіцієнтом видобутку 20-40%. Удосконалення включають добавки (полімери, розчинники) та цифрове моделювання для зниження викидів CO_2 (70-100 кг/барель) і водоспоживання (2-4 барелі/барель) [8]. В Україні CSS має потенціал для озокериту Карпат (1-2 тис. тонн/рік), з адаптацією до локальних умов.

CSS базується на трьох послідовних етапах, які виконуються через одну свердловину (вертикальну або горизонтальну, довжина 500-1000 м) [8-9]:

1. *Інжекція пари (huff).* Пара високого тиску (1-3 МПа, температура $200-250^{\circ}\text{C}$) інjektується в пласт протягом 2-4 тижнів. Пара проникає в породи (пористість 10-30%, проникність 0,1-2 Дарсі) через тріщини або пори, нагріваючи бітум і знижуючи його в'язкість. Латентна теплота пари (2000-2200 кДж/кг) створює зону нагріву радіусом 5-15 м, залежно від об'єму інжекції ($1000-5000\text{ м}^3/\text{цикл}$). Тиск контролюється для запобігання прориву пари в сусідні пласти.

2. *Замочування (soak)*. Свердловина закривається на 1-2 тижні, дозволяючи теплу рівномірно розподілитися в пласті. Це сприяє подальшому розрідженню бітуму, його змішуванню з конденсованою водою та частковому крекінгу важких фракцій (збільшення API на 1-2 градуси).

3. *Видобуток (ruff)*. Емульсія бітуму та води відкачується через ту ж свердловину за допомогою насосів (електричні занурювальні, ESP, або gas lift) протягом 2-6 місяців. Продуктивність становить 100-300 б/д на свердловину, залежно від геології та циклу.

Цикл повторюється 5-10 разів протягом 5-10 років, доки економічна доцільність не знижується (видобуток <50 б/д). На поверхні емульсія сепарується за допомогою флотаторів, центрифуг і нагрівачів (температура 80-100°C), з рециклінгом води (90-95%) для повторної генерації пари. У 2025 році CSS оптимізується цифровими двійниками (Petrel, CMG STARS), які моделюють тепловий фронт з точністю 85-90%, зменшуючи втрати тепла на 10-15%. Співвідношення пари до бітуму (SOR) становить 4-6, що вище за SAGD (2-3), але нижчий CAPEX (1-3 млрд дол. проти 5-10 млрд дол.) робить CSS економічно вигідним для менших або неоднорідних родовищ.

Метод ISC (In-Situ Combustion). In-Situ Combustion (ISC), або внутрішньопластове нагрівання, є термічним методом in-situ вилучення природних бітумів (асфальт, озокерит, мальта) та важкої нафти з родовищ з високою в'язкістю (>10 000 сП при 20°C), де природний потік неможливий. Метод базується на контрольованому спалюванні частини бітуму в пласті для генерації тепла, яке знижує в'язкість і виштовхує бітум до видобувних свердловин. Розроблений у 1950-х роках у США, ISC активно застосовується в Канаді (Athabasca), Венесуелі (Orinoco Belt) та інших регіонах для пластів товщиною 10-50 м на глибині 50-500 м. У 2025 році ISC становить 10-15% in-situ виробництва в Канаді (0,2-0,3 млн барелів/добу), з OPEX 10-20 дол./барель і коефіцієнтом видобутку 50-70%, що перевищує CSS (20-40%) та SAGD (40-

60%). Удосконалення включають використання CO₂, води та цифрового моделювання для зниження викидів NO_x (5-10 кг/барель) і CO₂ (70-100 кг/барель) [10-11]. В Україні ISC має потенціал для озокериту Карпат (1-2 тис. тонн/рік), з адаптацією до карбонатних порід.

ISC передбачає контрольоване спалювання 10-20% бітуму в пласті для створення теплової хвилі, яка нагріває решту бітуму, знижуючи його в'язкість до 10-50 сП і виштовхуючи до видобувних свердловин. Процес включає наступні етапи [12]:

1. *Ініціація горіння.* Кисень (чистий O₂ або повітря, 10-20% O₂) інжектуються через свердловину-інжектор. Горіння запускається електричними нагрівачами (500-1000°C) або хімічними ініціаторами (наприклад, пероксиди). Температура фронту горіння сягає 400-600°C, з тепловиділенням 5000-6000 кДж/кг бітуму.

2. *Рух фронту горіння.* Фронт (ширина 0,1-0,5 м) рухається від інжектора до продюсера зі швидкістю 0,05-0,2 м/добу, нагріваючи пласт і частково крекінгуючи бітум (збільшення API на 2-5 градусів). Гази (CO₂, CO, CH₄) підвищують тиск у пласті (1-2 МПа), сприяючи витісненню бітуму.

3. *Видобуток.* Нагрітий бітум, конденсат і гази відкачуються через продюсер (вертикальний або горизонтальний, довжина 500-1000 м) за допомогою насосів (ESP, gas lift). Продуктивність становить 200-500 б/д на пару свердловин, з тривалістю процесу 1-5 років.

4. *Поверхнева обробка.* Емульсія сепарується (газ/рідина) за допомогою центрифуг і нагрівачів (80-100°C). Гази (CO₂, CO) частково уловлюються для CCS (захоплення вуглецю), вода рециркулюється (70-80%).

У 2025 році ISC оптимізується за допомогою цифрових двійників (CMG STARS, точність 90%) [13] для контролю фронту горіння та сейсмічного моніторингу (4D-сейсміка) для оцінки прогресу (точність 85%). Метод

ефективний для пластів з високою проникністю (0,5-2 Дарсі) і товщиною >10 м, але потребує точного управління для уникнення неконтрольованого горіння.

Висновки. Сучасні тенденції розвитку технологій видобутку природних бітумів орієнтовані на підвищення ефективності, зменшення енергоспоживання та екологічного навантаження. Серед провідних методів видобутку домінують in-situ технології – зокрема, SAGD (Steam-Assisted Gravity Drainage), CSS (Cyclic Steam Stimulation) та ISC (In-Situ Combustion), які дозволяють ефективно вилучати бітум із глибоких родовищ, мінімізуючи поверхневі порушення. Їхні модифікації з використанням розчинників, полімерів, біоагентів та CO₂ сприяють зниженню коефіцієнта витрати пари (SOR), скороченню викидів парникових газів і підвищенню нафтовіддачі пластів.

Тому, впровадження інноваційних технологій видобутку та раціональної переробки природних бітумів сприяє підвищенню їх промислової та економічної цінності, зменшенню екологічних ризиків і формуванню перспективної ресурсної бази для енергетичної та хімічної галузей України.

Список використаних джерел:

1. Natural Resources Canada. Oil Sands Extraction and Processing. Natural Resources Canada. Ottawa, 2023. URL: <https://natural-resources.canada.ca/energy-sources/fossil-fuels/oil-sands-extraction-processing>.
2. Oil Sands Magazine. In Situ Bitumen Extraction. Sands Magazine. Calgary, 2025. URL: <https://www.oilsandsmagazine.com/technical/in-situ>.
3. Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP). Oil. CAPP. Calgary, 2024. URL: <https://www.capp.ca/en/oil-natural-gas-you/oil-natural-gas-canada/oil-sands/>.
4. Cui G., Liu T., Xie J., Rong G., Yang L. A review of SAGD technology development and its possible application potential on thin-layer super-heavy oil reservoirs. *Geoscience Frontiers*. 2022. Vol. 13, No. 4. Article: 101398. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674987122000354>.
5. Yang F., Zhu Y., Wang X., Sun J., Wang X., Qian Y., Wang L., Zhu W. Experimental Study on Oil Recovery from Oil Sands by dimethyl ether via the Displacement–Dissolution–Permeation Method. *ACS Omega*. 2025. Vol. 10, No. 15. P. 145–149.
6. Li Y. Application of SAGD technology in the development of super heavy oil reservoir buried medium deep. *Journal of Physics: Conference Series*. 2023. Vol. 2534, No. 1. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2534/1/012004>.
7. The Athabasca Oil Sands – Extracting the Largest Bitumen Deposit in the World. URL: <https://ccreservoirs.com/the-athabasca-oil-sands-extracting-the-largest-bitumen-deposit-in-the-world/>.
8. Abisheva Z. S., Zagorodnyaya A. N., Sharipov B. T. Comprehensive evaluation of cyclic steam stimulation for enhanced heavy oil recovery: assessing production and CO₂ emissions. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*. 2025. Vol. 15, No. 1. P. 158–169. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13202-025-02052-1>.
9. Alomair O., Al-Ajmi A., Al-Mutairi H. Enhanced heavy and extra heavy oil recovery: Current status and new trends. *Petroleum*. 2024. Vol. 10, No. 3. P. 341–356. URL:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240565612300069X>. 10. Gates I. D., Chakrabarty N. Design of the hybrid cyclic steam stimulation–steam-assisted gravity drainage process. *SPE Journal*. 2021. Vol. 26, No. 5. P. 255-259. 11. Shi J., Varfolomeev M. A., Su Y. Microbial enhanced cyclic steam stimulation for heavy oil recovery: Experimental study. *Fuel*. 2023. Vol. 342. Article: 128. 12. Sarathi, Partha S. *In-Situ Combustion Handbook – Principles and Practices* (1999). URL: <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc684415/>. 13. *Alberta Energy Outlook 2025 (ST98)*. Alberta Energy Regulator. Edmonton: 2025. URL: https://static.aer.ca/prd/documents/sts/ST98/2025/Alberta-Energy-Outlook_report.pdf.

ОРГАНІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЯК ЧИННИК ПОГІРШЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Кузнецова Т.Ю., Куленко О.А., Давиденко К.К. (м. Полтава)

Поверхневі водні об'єкти залишаються основним джерелом централізованого питного водопостачання для переважної частини населених пунктів України, однак упродовж останніх десятиліть спостерігається стійка тенденція до погіршення їх екологічного та санітарно-хімічного стану [1–3]. Сучасний рівень антропогенного навантаження, недостатня ефективність природоохоронних заходів, а також зношеність водоочисної інфраструктури зумовлюють суттєве зниження якості води, що надходить до споживачів. Значна частина водоочисних споруд була спроектована відповідно до нормативів минулих десятиліть, коли характеристики природних вод були істотно кращими, тому нині їх технологічні можливості часто не відповідають сучасним викликам щодо очищення води від складного комплексу забруднювальних речовин [3, 6].

Особливістю системи водозабезпечення України є переважне використання поверхневих джерел, частка яких становить близько 80 % у структурі централізованого водопостачання [1]. Відповідно, безпечність питної води безпосередньо визначається екологічним станом річок, озер і водосховищ, а також ефективністю технологій її очищення. Незважаючи на певне скорочення промислової діяльності в окремі періоди, якість поверхневих вод продовжує погіршуватися, що свідчить про багатофакторний характер

забруднення, де важливу роль відіграють як природні процеси, так і техногенні чинники [2, 3].

Однією з найбільш значущих груп забруднювачів поверхневих вод є органічні речовини, представлені як природними компонентами, так і антропогенними домішками [4, 5, 7]. Органічна складова водного середовища включає гумусові сполуки, продукти розкладання рослинних і тваринних залишків, а також широкий спектр синтетичних речовин, що надходять у водойми зі стічними водами, аграрними територіями та урбанізованими ландшафтами [4, 8]. У водному середовищі органічні речовини можуть перебувати у розчиненому, колоїдному або завислому стані, формуючи складну багатокомпонентну систему, в якій постійно відбуваються процеси трансформації під впливом фізико-хімічних та біологічних факторів [5].

Безпосереднє визначення всього спектра органічних сполук є складним аналітичним завданням, тому для оцінки органічного забруднення широко використовуються інтегральні показники, зокрема перманганатна окиснюваність [6]. Цей показник характеризує кількість органічних речовин, здатних окиснюватися перманганатом калію, і є важливим критерієм санітарної оцінки якості питної води.

Органічні речовини природного походження складають переважну частку органічного забруднення поверхневих вод і представлені переважно гуміновими та фульвокислотами, фенольними сполуками, карбонільними речовинами, азотовмісними органічними структурами та іншими компонентами [7, 8]. Їх утворення пов'язане з процесами біологічного кругообігу речовин, розкладанням біомаси, гідробіологічною активністю та взаємодією води з природними геологічними структурами [4, 8].

Формування органічного навантаження на водойми визначається взаємодією зовнішніх і внутрішніх чинників. До зовнішніх належать надходження господарсько-побутових, промислових і сільськогосподарських

стоків, атмосферний змив із територій водозбору, а також поверхневий стік із урбанізованих і аграрних зон [9]. Внутрішні чинники охоплюють біохімічні процеси у самих водоймах, включаючи продукцію органічної речовини водоростями, бактеріями, планктонними організмами та процеси трансформації донних відкладень [4].

Особливої актуальності проблема набуває в умовах кліматичних змін, підвищення температури води та інтенсифікації евтрофікаційних процесів. Підвищений вміст біогенних елементів, насамперед азоту та фосфору, стимулює масовий розвиток синьо-зелених водоростей, що супроводжується «цвітінням» води, погіршенням кисневого режиму, накопиченням токсичних органічних метаболітів та деградацією водних екосистем [9, 10]. Такі процеси не лише погіршують екологічний стан водойм, але й суттєво ускладнюють підготовку води до питного використання [10].

Серед антропогенних джерел органічного забруднення особливо небезпечними є неочищені або недостатньо очищені стічні води, зливові та талі стоки з територій міст, сільськогосподарських угідь і тваринницьких комплексів [9]. Ці джерела характеризуються високим вмістом органічних сполук і біогенних елементів, а також складністю контролю через їх дифузний характер.

Таким чином, забруднення поверхневих вод органічними речовинами є наслідком складної взаємодії природних екологічних процесів та техногенного навантаження [4, 9, 10]. Повне усунення надходження органічних речовин до водойм практично неможливе, тому ключовим напрямом забезпечення безпечного водопостачання є вдосконалення систем моніторингу якості води, впровадження сучасних вискоєфективних технологій очищення та реалізація комплексних природоохоронних заходів, спрямованих на зменшення антропогенного впливу на водні екосистеми [6].

Список використаних джерел:

- 1.** Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році // Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>.
- 2.** Осадчий В. І., Осадча Н. М. Кисневий режим поверхневих вод України // Наукові праці УкрНДГМІ. 2007. Вип. 256. С. 265–285.
- 3.** Осадчий В. І. Основні тенденції формування хімічного складу поверхневих вод України у 1995–1999 рр. // Праці УкрНДГМІ. 2001. Вип. 48. С. 138–153.
- 4.** Осипенко В. П., Васильчук Т. О. Міграція і розподіл органічних речовин між абіотичними компонентами поверхневих вод за аеробних і анаеробних умов середовища // Наукові праці УкрНДГМІ. 2010. Вип. 259. С. 188–198.
- 5.** Хумитакє С. Органические вещества в водных экосистемах. Ленинград : Гидрометеиздат, 1986. 199 с.
- 6.** Мєшкова-Клименко Н. А., Єзловецька І. С., Вакуленко В. Ф. Шляхи забезпечення нормативної якості питної води залежно від стану джерел централізованого водопостачання // Наукові доповіді НАУ. 2007. № 3 (8). URL: <http://nd.nubip.edu.ua/2007-3/titul.html>.
- 7.** Crompton T. R. Organic Compounds in Natural Water: Analysis and Determination. London : Taylor & Francis Group, 2014. 295 p.
- 8.** Осадча Н. М. Форми міграції гумусових речовин у поверхневих водах // Наукові праці УкрНДГМІ. 2011. Вип. 260. С. 110–124.
- 9.** Ухань О. О., Осадчий В. І. Вплив природних та антропогенних чинників на формування режиму біогенних елементів у поверхневих водах басейну Сіверського Дінця // Наукові праці УкрНДГМІ. 2011. Вип. 261. С. 163–178.
- 10.** Давидчук С. П., Козловська Т. Ф. Забруднення природних поверхневих вод органічними сполуками як чинник формування екологічного ризику // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. 2013. Вип. 2 (79). С. 139–144.

СЕКЦІЯ III ПРОБЛЕМИ ФАХОВОЇ ТА МЕТОДИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ З ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ У ЗВО

КУРС-РЕСУРС ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ ТОКСИКОЛОГІЇ» ДЛЯ ОНЛАЙН НАВЧАННЯ

Хоботова Е.Б., Готвянський В.М. (м. Харків)

Курс-ресурс дисципліни «Основи хімічної токсикології» призначений для бакалаврів 2 курсу, які навчаються за спеціальністю G1 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійна програма «Хімічні технології в будівництві», галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво». В електронному вигляді курс-ресурс дисципліни розташований на навчальному сайті Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, електронна адреса <https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=5870>.

Електронний курс-ресурс дисципліни призначений для здійснення онлайн-навчання: отримання знань і навичок за допомогою комп'ютера або іншого гаджета, підключеного до Інтернету, поза аудиторій і безпосереднього контакту з викладачем. Під час онлайн-навчання студенти можуть дивитися лекції у відеозаписі або в прямій трансляції, вони проходять тестування, виконують контрольні роботи, обмінюються файлами з викладачем, спілкуються з одногрупниками і викладачем в чатах та ін. Такий підхід дозволяє повністю зануритися в освітнє середовище і підвищувати кваліфікацію без відриву від робочого процесу. На титульному листі дисципліни представлені мета, предмет і основні завдання дисципліни.

Основи хімічної токсикології 2ДХ

Метою є підготовка фахівців в галузі хімічної технології та інженерії, можливість забезпечувати безпеку персоналу та навколишнього середовища під час професійної діяльності у сфері хімічної інженерії.

Предмет: педагогічно адаптована система понять про закони, що визначають токсичність хімічних сполук та використання їх в різних хімічних технологічних процесах.

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- формування знань про основні форми дії токсичних речовин на організм людини, критерії токсичності промислових отрут, закономірності токсичних ефектів при дії декількох шкідливих речовин, особливості вступу, транспорту, розподілу та виділення промислових отрут з організму, сучасні концепції гігієнічної регламентації та стандартизації;
- формування практичних навичок використання основних параметрів токсичності та безпеки шкідливих речовин, закономірностей зв'язку складу, будови та властивостей хімічних речовин з показниками токсичної дії, оцінювання ГДК шкідливих речовин у повітрі робітничої зони.

Викладач: Хоботова Еліна

Сертифікат ДКР:



жовтень 2024

Електронний курс дисципліни «Основи хімічної токсикології» має усі необхідні навчальні складові, тому він був сертифікований (сертифікат дистанційного курсу-ресурсу). У загальній інформації про дисципліну представлені її анотація, Силабус, робоча програма, критерій оцінювання знань, перелік джерел літератури та ін. Також наведено дані щодо автору курсу.

У підрозділі «Навчальні матеріали» є всі необхідні розробки кафедри у вигляді навчальних посібників, конспекту лекцій і методичних вказівок за видами навчальної діяльності.

Загальна інформація про дисципліну

- Анотація дисципліни "Основи хімічної токсикології"
- Силабус дисципліни
- Робоча програма дисципліни
- Автор курсу
- Підсумкові питання з дисципліни "Основи хімічної токсикології"
- Завдання для самостійної роботи студентів з дисципліни
- Критерій оцінювання знань
- Перелік основної та додаткової літератури з дисципліни
- Форум взаємодопомоги
- Глосарій курсу

Навчальні матеріали

- Основи хімічної токсикології. Навчальний посібник
- Основи хімічної токсикології. Конспект лекцій
- Пакет тестових завдань з основ хімічної токсикології. Навчальний посібник
- Методичні вказівки для практичних занять студентів з дисципліни "Основи хімічної токсикології"
- Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни "Основи хімічної токсикології"

Певний інтерес викликає глосарій дисципліни, який необхідний для систематизації вузькоспеціалізованих термінів. Він допомагає швидше освоїти навчальний матеріал, структурувати інформацію та впорядкувати понятійний апарат дисципліни, пояснює токсикологічні терміни, надає готовий довідник ключових понять.

Курс дисципліни розділений на окремі розділи, кожний з яких містить лекційний матеріал, презентації до лекцій і практичних занять, приклади вирішення задач і виконання завдань, контрольні завдання і тести.

Спеціальні | А | Б | В | Г | Д | Е | Є | Ж | З | И | І | Ї | К | Л | М | Н | О | П | Р | С | Т | У | Ф | Х | Ц | Ч | Ш | Щ | Ъ | Ю | Я | Все

Л

Лакриматори
речовини, що викликають посилене [сльозовиділення](#) у людей чи в тварин (наприклад, ацетилхлорид, акриловий альдегід), не завдаючи шкоди очам. Використовуються як [сльозогінний газ](#)

Леткі сполуки
сполуки, які в реальних умовах навколишнього середовища здатні випаровуватися до утворення концентрації, перебування в умовах якої є суттєвим для організму, їх температура кипіння яких знаходиться в інтервалі від $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$

Лізис
набухання клітин, а потім – розрив їх оболонок і витікання клітинного вмісту при зануренні клітин в [гіпертонічний розчин](#)

Локальна токсичність
пряма місцева подразнююча дія речовини на шкіру або очі

Токсикокінетика

Мета: знати основні закономірності та показники токсикокінетики; вміти використовувати токсикокінетичні залежності для опису кінетики проходження отрути через організм та прогнозування токсичного ефекту; **набути здатності** використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації об'єктів хімічної технології як джерел токсичних викидів.

Теоретична частина

 Лекція "Токсикокінетика"

 Презентація Лк "Токсикокінетика"

Практична частина

 Практичне заняття "Параметри токсикокінетики"

 Презентація ПЗ "Параметри токсикокінетики"

Самостійна робота

 СР "Розрахунок відсотка вмісту в крові карбоксигемоглобіну"

 Відео. Загальна характеристика лікарських препаратів. Токсикометрія, токсикодинаміка та токсикокінетика. Механізми розвитку інтоксикацій. Отруєння та особливості застосування антидотів

 Відео. Токсикологічна характеристика «чадного газу», особливості його виявлення та визначення в організмі людини

Контроль знань та умінь

 Форум до розділу "Токсикокінетика"

 Завдання "Токсикокінетика"

 Контрольні завдання "Токсикокінетика"

 Тест Токсикокінетика

Презентації до лекційного матеріалу побудовані за принципом комплексності. Вони включають основні теоретичні положення, формули, рівняння реакцій, класифікації, схеми, ілюстрації як додатковий матеріал. Як приклади наведені презентації до лекції і практичного заняття.

1. Проникнення промислових отрут через мембрани

Мембранами є структури, які утворені білково-фосфоліпідними комплексами, володіють обмеженою проникністю для тих або інших сполук.

Гіпотеза тришарової мембрани: два білкових шари, з яких один обернений у бік цитоплазми, а інший – назвоні, замикають шар подвійного ліпиду. Товщина кожного шару близько 2–3 нм. У клітинних мембранах існують ультрамікроскопічні пори.

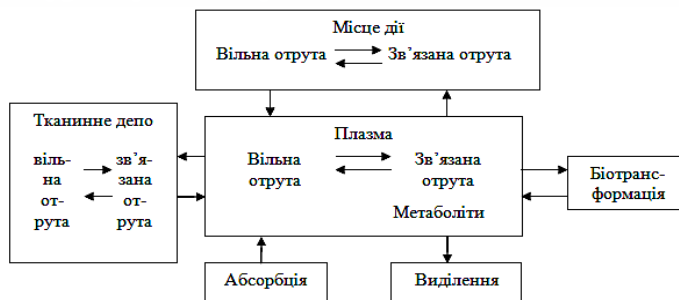
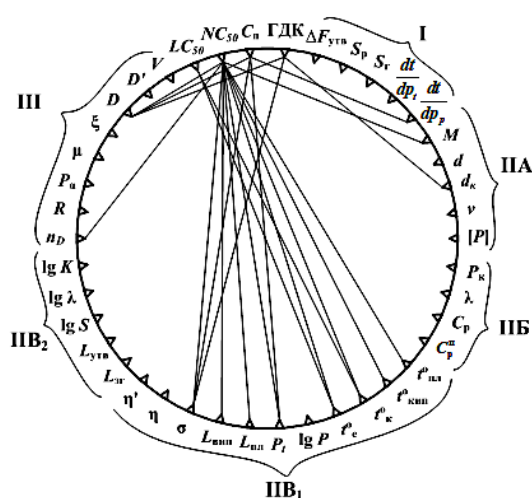
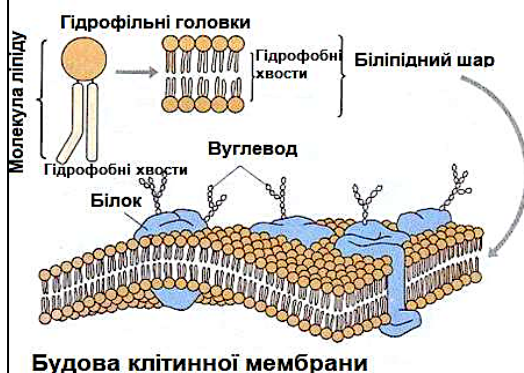


Схема проходження через організм промислових отрут



I клас. Властивості, які характеризуються надмолекулярним рівнем організації речовини: $\Delta F_{\text{втр}}$, $S_{\text{д}}$, $S_{\text{г}}$.

II клас. Властивості, які характеризуються молекулярним рівнем:

А категорія. Властивості, пов'язані з будовою молекули, – M , d , d_k , v , $[p]$.

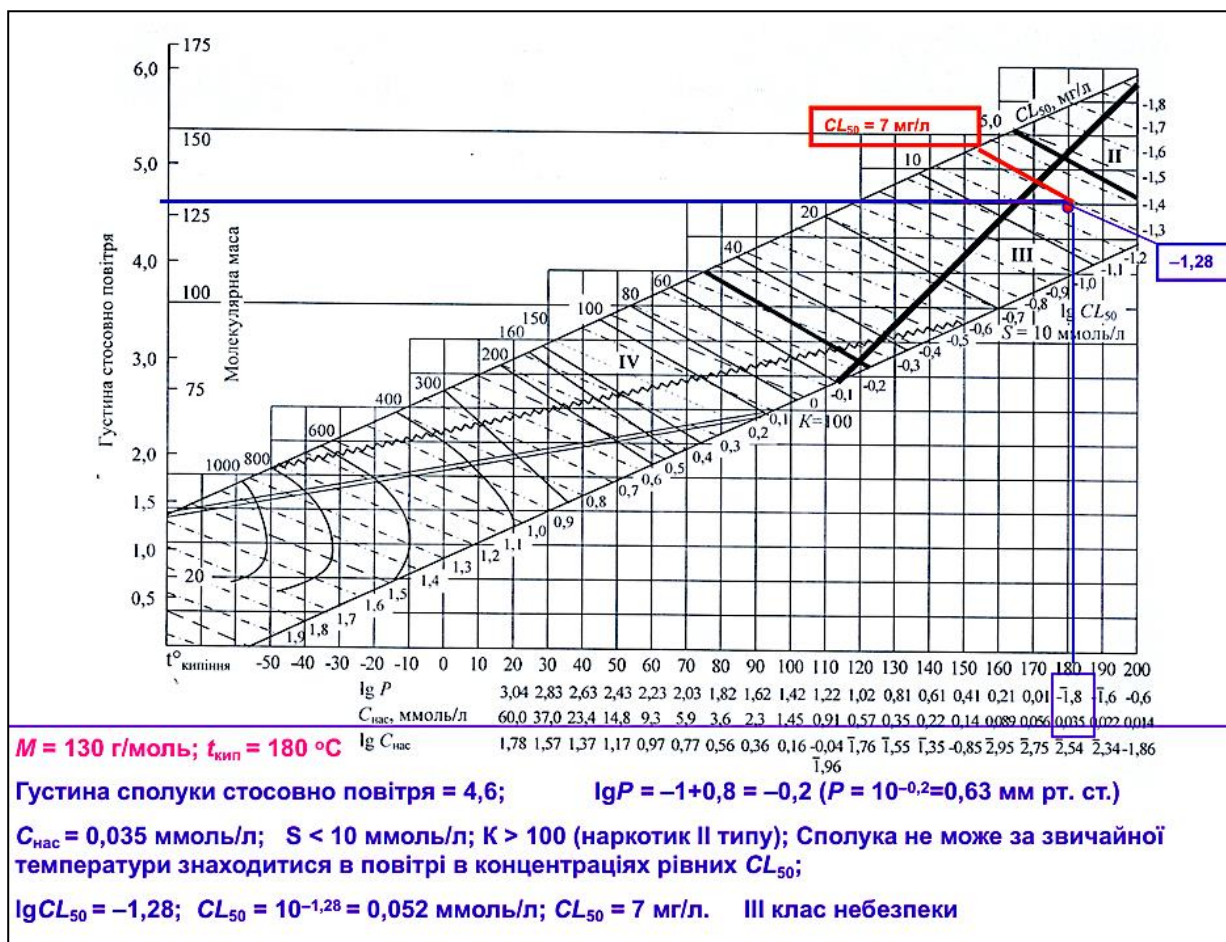
Б категорія. Властивості, пов'язані з кінетичною (або коливальною) енергією молекул, – P_k , λ , C_n .

В категорія. Властивості, пов'язані з енергією взаємодії молекул:

1 група) між собою – $t_{\text{пп}}^0$, $t_{\text{кпп}}^0$, t_k , P , $L_{\text{пп}}$, $L_{\text{кпп}}$, σ , η .

2 група) з іншими молекулами – $L_{\text{дг}}$, $L_{\text{втр}}$, S , $\lg \lambda$, $\lg K$.

III клас. Властивості, які характеризуються ядерно-електронним рівнем організації речовини: n_D , R , ϵ , V .



Як контроль знань та вмінь використовують контрольні завдання, тести та форум з розділів. Папки контрольних завдань містять не менше 15 індивідуальних варіантів. Нижче наведені приклади тестів з певних розділів дисципліни.

В електронному курсі прописані вимоги до рівня отриманих знань у вигляді питань до заліку. При цьому враховані не тільки теоретичні знання студентів, а й набуті практичні навички.

Розроблений електронний курс-ресурс дисципліни «Основи хімічної токсикології» призначений для онлайн навчання має певні переваги, а саме він забезпечує:

- індивідуальний темп навчання. Студенти можуть вивчати матеріали за власним графіком, без прив'язки до певного часу і місця заняття;

4. Надайте характеристику антагоністичній дії отрут:

- А. протилежно направлена дія отрут
 - Б. гальмування отрутою процесів біотрансформації іншої отрути
 - В. хімічна взаємодія отрут із утворенням безпечних продуктів
 - Г. однаковий механізм дії отрут.
- Наведіть приклади антагонізму дії отрут:
- Д. снотворні та збуджуючі ЦНС речовини
 - Е. подразнюючі гази
 - Ж. етиловий спирт та етиленгліколь

- ☐ Ж
- ☐ А
- ☐ Г
- ☐ Б
- ☐ В
- ☐ Д
- ☐ Е

7. Ефект метгемоглобінутворення мають сполуки

- А. C_3H_7-O-NO
 - Б. $C_6H_5-NO_2$
 - В. $CH_2ONO_2-CHONO_2-CH_2ONO_2$
 - Г. $C_2H_5-O-NO_2$
 - Д. $C_6H_4(NO_2)_2$
 - Е. $C_6H_5NH_2$
- Для інших сполук характерна дія
- Ж. наркотична
 - З. гіпотензивна
 - І. подразнююча

- ☐ І
- ☐ Ж
- ☐ Е
- ☐ З
- ☐ А
- ☐ В
- ☐ Д
- ☐ Б
- ☐ Г

- доступність. Студенти можуть займатися за допомогою будь-якого комп'ютера в зручний час, вони завжди можуть переглянути презентації та завантажити навчальні матеріали;
- творчий розвиток, так як курс містить велику кількість додаткового матеріалу не тільки в компонентах теоретичної частини, а й практичної;
- можливість оцінити викладачем не тільки знання студентами теоретичного матеріалу (в основному за допомогою тестування), а й практичні навички (індивідуальні контрольні роботи, тести);
- ефективний зворотний зв'язок з викладачем в ході всього періоду навчання.

КОМПЕТЕНТІСНІ ЗАВДАННЯ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ

Шиян Н.І., Криворучко А.В., Стрижак С.В. (м. Полтава)

Сучасний етап розвитку освіти характеризується переорієнтацією змісту навчання з накопичення знань на формування компетентностей, необхідних для успішної професійної та соціальної діяльності. У контексті реформування Нової української школи особливого значення набуває проблема підготовки вчителя, здатного реалізовувати компетентнісний підхід, організовувати дослідницьку діяльність учнів, розвивати критичне мислення та формувати природничо-наукову грамотність. Ці вимоги суттєво змінюють характер професійної підготовки майбутнього вчителя хімії. Сьогодні недостатньо забезпечити лише високий рівень предметних знань, оскільки сучасний педагог має вміти проєктувати компетентісно орієнтоване освітнє середовище, організовувати проблемне та дослідницьке навчання, інтегрувати цифрові технології та формувати в учнів здатність використовувати знання для пояснення явищ і прийняття рішень. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема використання компетентісних завдань у професійній підготовці майбутнього вчителя хімії.

Проблема компетентісного підходу в освіті знайшла відображення у працях Н. Бібік [1], О. Пометун [2], О. Савченко [3], В. Кременя [4], О. Ляшенка та інших науковців. У сучасних педагогічних дослідженнях значна увага приділяється розвитку природничо-наукової грамотності, критичного мислення, дослідницьких умінь та інтеграції цифрових технологій у професійну підготовку майбутніх педагогів. Особливого значення набувають міжнародні дослідження PISA, які орієнтують освіту на формування здатності використовувати знання в реальних життєвих ситуаціях, аналізувати інформацію, працювати з даними та приймати обґрунтовані рішення [5].

Водночас проблема використання компетентнісних завдань саме у професійній підготовці майбутнього вчителя хімії потребує подальшого теоретичного та методичного осмислення.

Компетентнісний підхід у сучасній педагогічній освіті передбачає орієнтацію не лише на засвоєння знань, а й на здатність використовувати їх у професійній діяльності. У підготовці майбутнього вчителя хімії це означає формування готовності пояснювати природничі явища, організовувати дослідницьку діяльність учнів, працювати з інформацією та даними, застосовувати міжпредметні зв'язки й проєктувати навчальні ситуації, близькі до реального життя. Саме компетентнісні завдання забезпечують реалізацію такого підходу, оскільки моделюють ситуації, у яких майбутній педагог повинен не лише володіти предметним змістом, а й уміти застосовувати його для аналізу, пояснення, аргументації та прийняття рішень.

Під компетентнісним завданням у професійній підготовці майбутнього вчителя хімії розуміємо дидактично сконструйовану ситуацію, що відтворює типову професійну проблему або запит учителя та передбачає виконання комплексу професійних дій: аналіз контексту, опрацювання даних, вибір педагогічного рішення, його аргументацію, прогнозування наслідків і визначення критеріїв оцінювання. На відміну від традиційної задачі, у такому завданні принципово важливою є автентичність (зв'язок із реальною шкільною практикою), наявність матеріалів для аналізу (учнівські відповіді, фрагменти робіт, таблиці вимірювань, графіки, фото експериментів, уривки інструкцій, приклади етикеток), а також неоднозначність, що допускає кілька можливих рішень і робить центральною ланкою саме доказовість і методичну доцільність. У якісно побудованих компетентнісних завданнях оцінюється не стільки обсяг відтворених знань, скільки здатність застосувати їх у професійній ситуації й пояснити логіку прийнятих рішень.

Зміст таких завдань у підготовці вчителя хімії може охоплювати різні групи професійних дій. Зокрема, це проєктувальні дії (розроблення фрагмента уроку, системи завдань, сценарію навчального експерименту, інтегрованих STEM-активностей), діагностично-аналітичні (виявлення типових помилок і хибних уявлень учнів, аналіз причин навчальних труднощів і добір корекційних заходів), оціночно-рубрикові (конструювання критеріїв і рубрик, організація формувального оцінювання), експериментально-безпекові (планування досліду, інструктаж, управління ризиками, утилізація та екологічна відповідальність), а також завдання, зорієнтовані на роботу з даними та доказами (інтерпретація вимірювань, графіків, результатів спостережень, оцінювання достовірності тверджень і джерел). Така типологія дає можливість системно розгортати підготовку від простіших професійних дій до складніших, забезпечуючи поступове нарощування автономності студента.

Конструювання компетентнісних завдань для педагогічної освіти доцільно здійснювати за логікою «від професійної дії до навчального продукту». На першому кроці визначають, яку саме дію має опанувати студент (наприклад, дати зворотний зв'язок на учнівське пояснення явища; спроектувати завдання для формування природничо-наукової грамотності; підготувати інструктаж з безпеки для лабораторної роботи). Далі уточнюють, які компоненти компетентності інтегруються в завданні: предметна коректність, методична доцільність, культура безпеки, аргументованість, комунікація. Після цього добирають автентичний контекст і «дані», які студент має опрацювати. Завдання формулюють так, щоб воно передбачало аналіз, прийняття рішення і пояснення «чому саме так», а також створення конкретного продукту діяльності (плану, сценарію, рубрики, інструкції, коментаря, пакета завдань). Обов'язковим елементом є критерії оцінювання, які пов'язують результат не з формальною «правильністю відповіді», а з якістю професійної дії, тобто, наскільки рішення науково коректне, чи відповідає воно

віковим і навчальним можливостям учнів, чи забезпечує безпеку, чи спирається на дані, чи є комунікативно зрозумілим.

Компетентнісні завдання є навчальними завданнями, побудованими на основі життєвих або професійно орієнтованих ситуацій, що потребують інтеграції знань, аналізу інформації, дослідження та обґрунтування висновків. На відміну від традиційних вправ, вони орієнтують студентів не лише на правильну відповідь, а й на логіку міркування, пояснення механізмів явищ і роботу з різними видами інформації. У професійній підготовці майбутнього вчителя хімії такі завдання виконують не лише навчальну, а й методичну функцію, оскільки формують уміння конструювати компетентнісно орієнтовані завдання для учнів, організовувати дослідницьку діяльність і створювати проблемні ситуації.

Особливістю компетентнісних завдань є їх орієнтація на реальні життєві ситуації. Саме тому вони мають значний потенціал для розвитку наукового мислення та професійної мобільності майбутнього вчителя. У процесі виконання таких завдань студенти аналізують інформацію, працюють із таблицями, графіками, схемами, інтерпретують результати експериментів, моделюють навчальні ситуації, прогнозують результати та аргументують висновки. Наприклад, майбутнім учителям можуть пропонуватися завдання, пов'язані з аналізом складу харчових продуктів, оцінкою безпечності побутових хімічних засобів, інтерпретацією результатів дослідження води, аналізом екологічних проблем або роботою з етикетками та цифровими джерелами інформації. У процесі виконання таких завдань студент не лише розв'язує проблему, а й одночасно аналізує методику її використання у шкільному курсі хімії.

Особливого значення у професійній підготовці набувають завдання, побудовані за логікою міжнародного дослідження PISA. Їх характерними ознаками є практикоорієнтований контекст, наявність реальної проблемної

ситуації, робота з різними типами інформації, необхідність інтерпретації даних та аргументації рішень. Такі завдання формують у майбутніх учителів розуміння сучасної логіки природничої освіти, де ключовим є не відтворення знань, а здатність використовувати їх для пояснення явищ і розв'язання проблем.

У процесі професійної підготовки компетентнісні завдання сприяють формуванню методичної компетентності майбутнього вчителя. Студенти навчаються добирати навчальний матеріал, створювати проблемні ситуації, організовувати групову роботу, проєктувати дослідницьку діяльність, формувати критичне мислення учнів та оцінювати результати навчання. Особливо важливим є те, що майбутній педагог починає бачити за окремою задачею не лише предметний зміст, а й освітню мету, очікувані результати, рівень складності, способи активізації мислення та можливості міжпредметної інтеграції.

Компетентнісні завдання мають значний потенціал для розвитку наукового мислення майбутнього педагога. У процесі роботи з такими завданнями студенти навчаються ставити проблемні запитання, аналізувати інформацію, перевіряти гіпотези, оцінювати достовірність тверджень, працювати з доказами та аргументувати висновки. Саме ці уміння становлять основу сучасного наукового мислення та професійної компетентності педагога.

Особливо важливим є те, що компетентнісні завдання сприяють переходу від репродуктивної моделі навчання до діяльнісної та дослідницької. Майбутній учитель починає усвідомлювати, що сучасний урок хімії – це не передача готових знань, а організація навчального дослідження, у процесі якого учень навчається пояснювати явища, працювати з даними та застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Отже, компетентнісні завдання з хімії є важливим інструментом професійної підготовки майбутнього вчителя в умовах компетентнісно

орієнтованої освіти. Їх використання забезпечує формування методичної компетентності, розвиток дослідницьких умінь, здатність проєктувати сучасний урок хімії, формування критичного та наукового мислення, готовність до реалізації компетентнісного підходу в Новій українській школі. Компетентнісні завдання сприяють переходу від репродуктивної моделі підготовки майбутнього педагога до діяльнісної, дослідницької та практикоорієнтованої.

Список використаних джерел:

1. Бібік Н. М. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи. Київ : К.І.С., 2004. 2. Пометун О. І. Компетентнісний підхід у сучасній освіті. Київ : Освіта, 2015. 3. Савченко О. Я. Дидактика сучасної школи. Київ: Грамота, 2012. 4. Кремень В. Г. Філософія людиноцентризму в освітньому просторі. Київ: Знання України, 2010. 5. PISA 2022 Assessment and Analytical Framework. Paris: OECD Publishing, 2023. 6. OECD Future of Education and Skills 2030. Paris: OECD Publishing, 2019. 7. Державний стандарт базової середньої освіти : Постанова Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2020 р. № 898.

**ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ
СПЕЦІАЛЬНОСТІ «БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ» В
УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ**

Швець О.Г., Івченко В.Д. (м. Суми)

Українська освіта останні роки функціонує в умовах тривалих викликів. Особливо гостро ця проблема відчувається у прифронтових регіонах, зокрема на Сумщині, де безпекова ситуація зумовлює переважно дистанційний формат навчання. Водночас підготовка магістрів спеціальності 162 «Біотехнологія та біоінженерія» вимагає формування високого рівня дослідницьких, аналітичних та інженерних компетентностей. Обмежений або часто відсутній безпосередній доступ до лабораторного обладнання в навчальних та науково-дослідних лабораторіях не дозволяє проводити класичні практичні заняття. Отже, виникла вимушена потреба змінити методологію їх проведення і перейти до

самостійного інженерного віртуального моделювання, системного пошуку актуальної інформації в мережі та її аналізу.

Для практичної підготовки в курсі «Біологічні та хімічні сенсорні системи» (вибіркова дисципліна) ми застосували концепцію інтерактивного індивідуального проектування (проектну роботу), яка повністю базується на самостійному пошуку та критичному аналізі сучасної наукової інформації. Дана дисципліна є актуальною та динамічною, проте її викладання супроводжується специфічними викликами. Матеріал у цій галузі постійно оновлюється, а передові дослідження висвітлюються переважно в англomовній періодиці (журнали видавництв Elsevier, Springer, MDPI). Відтак, робота студентів із першоджерелами є обов'язковим елементом курсу.

Попри складність опрацювання іншомовної літератури, біосенсорика є перспективною для України, особливо в контексті відновлення та модернізації агропромислового комплексу та екологічного моніторингу. Теоретичним підґрунтям для формування дослідницьких компетентностей магістрів є вітчизняні праці, зокрема розроблені українськими науковцями з Інституту молекулярної біології і генетики НАН України С. В. Дзядевичем та О. П. Солдаткіним [1]. На українському ринку існують і комерційні розробки, наприклад стартап BIOsens, який випустив портативний аналізатор на основі біосенсорів для швидкої перевірки безпечності сільськогосподарської продукції (визначення мікотоксинів у закладеному на зберігання зерні) безпосередньо в полі [2]. Вважаємо, що ознайомлення магістрів із вітчизняною науковою теорією та успішними сучасними бізнес-кейсами мотивує їх і до власної проєктної діяльності.

Освітня траєкторія практичних занять будувалась за принципом поступового ускладнення завдань: від аналізу окремих первинних перетворювачів на початкових етапах до розв'язання комплексних біотехнологічних та екологічних проблем наприкінці курсу.

На практичних заняттях до модуля 1 «Хімічні сенсорні системи» студентам пропонувались до виконання розрахунково-аналітичні кейси для ознайомлення з електрохімічними, фотометричними, п'єзоелектричними сенсорами. Початковий етап полягав в моделюванні роботи онлайн-лабораторії, де за відсутності фізичних приладів студентам необхідно було оцінити провідність складних реальних розчинів, спираючись на їхнє походження, хімічний склад та умови середовища. Результат оформлювався у вигляді звіту, що містив чотири обов'язкові складові: прогноз рівня електропровідності, «іонний портрет» зразка, визначення критичних точок контролю в біотехнології та опис головного фактору динамічних змін. Безпосередньо на занятті разом із викладачем був зроблений детальний розбір міні-моделі сенсора для контролю водопровідної води м. Суми, де питома електропровідність виступає прямим експрес-індикатором сезонних коливань мінералізації та твердості, що критично для попередження корозії або накипу в інженерних мережах міської інфраструктури. Для самостійної роботи здобувачам пропонувалися специфічні модельні ситуації: тала вода зі снігу біля автодороги, вода з діючого замкненого акваріуму, мінералізована лікувально-столова вода тощо.

У модулі 2 «Біологічні та мультисенсорні системи» наступним етапом стало самостійне складання теоретичної блок-схеми пристрою під конкретну проблему на основі аналізу літератури. Студенти мали детально обґрунтувати логічний ланцюжок: аналіт → біорецептор → метод іммобілізації → трансдьюсер → аналітичний сигнал, запропонувати графічну ілюстрацію з поясненнями та довести переваги їх розробки над класичними методами. Завдання передбачало декілька напрямків, кожен з яких містив специфічний «акцент для біотехнолога». Наприклад, еко-біотехнологія - моніторинг фосфорорганічних пестицидів на основі інгібування ацетилхолінестерази; харчова біотехнологія - створення амперометричного сенсора на основі

діаміноксидази для визначення гістаміну (свіжість морепродуктів); агробіотехнологія - імуноферментний сенсор для детекції вірусу тютюнової мозаїки.

Практична частина курсу завершувалась виконанням фінального інтегрованого творчого завдання (проєкту). Його метою була розробка концепції аналітичного пристрою, архітектура, логіка або принцип роботи якого повністю запозичені у рослинного об'єкта. Студентський звіт мав містити чотири складові: назва проєкту, plant-inspiration (науковий опис рослини та її механізму), технічне рішення (матеріали, наноструктури, шари системи) та аналітичне призначення (об'єкт вимірювання та умови експлуатації). На підготовку проєктів студенти мали 2 тижні, а звіти розміщували на віртуальній дошці Lino. (Рис. 1). Підсумкове заняття пройшло у формі виступів із презентацією і супроводжувалось науковою дискусією та колективним обговоренням кожного проєкту.



Рис. 1. Фрагмент віртуальної дошки Lino з результатами виконання проєктів

Наведемо декілька цікавих, на нашу думку, ідей запропонованих магістрами у фінальних роботах:

1. «*Хват Лопуха*» (на основі *Arctium lappa*). Ідея запозичена у суцвіть звичайного лопуха, які міцно фіксуються на поверхнях завдяки особливій формі природних мікрогачків. Студент запропонував створити гнучку полімерну матрицю зі штучними мікрогачками. При контакті з рослиною датчик механічно чіпляється за мікронерівності стебла або листка без використання хімічної адгезії чи магнітів. Сенсор розроблено для неінвазійного моніторингу в точному землеробстві. Він надійно кріпиться на рослину, не пошкоджуючи її тканини, і дозволяє безперервно фіксувати динаміку росту, деформації від вітру та рівень механічного стресу;
2. «*RoseTrap Sensor*» (на основі *Rosa spp.*). В основу покладено «ефект пелюстки троянди», мікроструктура якої забезпечує високу гідрофобність у поєднанні з унікальною адгезією – здатністю міцно утримувати краплю води навіть у перевернутому стані. Розробка передбачає створення багатошарового матеріалу, який повністю копіює папілярний рельєф пелюстки троянди, що забезпечує надзвичайно сильне фізичне зчеплення з мікрооб'єктами. Пристрій функціонує як сенсор-пастка для детекції мікропластику у водних екосистемах. Поверхня датчика «виловлює» та концентрує пластикові мікрочастинки з потоку рідини суто за рахунок сил фізичної адгезії, що дозволяє проводити аналіз без додаткових хімічних реагентів;
3. *Проект «RhizoSense BioSensor»* (на основі *Rhizophora spp.*). Імітує роботу кореневої системи мангрових дерев, яка діє як високоефективний природний фільтр, що затримує солі та захищає внутрішні тканини рослини в умовах постійного підтоплення океанічною водою. Датчик включає мікрофлюїдну систему з контрольованим перепадом тиску для відтворення ефекту зворотного осмосу. Вхідна частина захищена наномембраною, яка копіює селективну проникність клітин мангрів: вона

пропускає воду, але відсікає солі та важкі метали, захищаючи вимірювальні електроди від засолювання та біобростання (bio-fouling). Самоочисний сенсор призначений для довготривалого екологічного моніторингу морських та стічних вод. Аналітичний блок містить іоноселективні електроди для контролю солоності (Na^+ , Cl^-) та вольтамперометричні датчики для експрес-детекції іонів важких металів (Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^+).

Отже, досвід впровадження творчих індивідуальних завдань та проєктування продемонстрував дидактичну ефективність як метод активізації пізнавальної діяльності магістрів-біотехнологів в умовах онлайн-навчання. Проте необхідно зазначити, що цифровізація практичної підготовки, віртуальне моделювання та заміна реальної роботи з приладами у цифровому середовищі є вимушеним і виключно тимчасовим явищем. Жоден інформаційний аналіз, комп'ютерна модель чи віртуальний проєкт не можуть повністю замінити реальну роботу в лабораторії, безпосередній фізичний контакт із приладами, постановку експерименту «руками» та формування стійких практичних навичок. Запропонований підхід розглядається нами як ефективний інструмент підтримання високого теоретико-методологічного рівня освіти та розвитку інженерного мислення в умовах військового стану, який у майбутньому має бути обов'язково підсилений та інтегрований у реальний офлайн-лабораторний практикум після відновлення повноцінного та безпечного доступу до науково-дослідної бази університетів України.

Список використаних джерел:

1. Дзядевич С. В., Солдаткін О. П. Наукові та технологічні засади створення мініатюрних електрохімічних біосенсорів / НАН України, Ін-т мол. біології і генетики. Київ: Наукова думка, 2006. 256 с. 2. Українська розробка вимірює безпечність їжі. *Ukrainer*. 2020. URL: <https://www.ukrainer.net/biosens/> (дата звернення: 16.05.2026).

ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ХІМІЇ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ОСВІТИ

Бедюх В.В., Поцяпун Н.В. (м. Полтава)

Сучасний розвиток освіти в Україні супроводжується суттєвими змінами у підходах до професійної підготовки педагогічних кадрів. Особливої актуальності набуває проблема формування високого рівня професійної компетентності майбутніх учителів природничих дисциплін, зокрема хімії. Це пов'язано не лише зі стрімким розвитком науки й технологій, але й зі зміною вимог до організації освітнього процесу, упровадженням компетентнісного підходу та необхідністю інтеграції сучасних цифрових інструментів у навчання.

Сучасний учитель хімії повинен володіти не лише ґрунтовними теоретичними знаннями, але й практичними навичками організації дослідницької діяльності, методикою проведення лабораторного експерименту, умінням формувати в учнів критичне мислення та пізнавальний інтерес до природничих наук [2]. У зв'язку з цим особливого значення набуває питання вдосконалення фахової та методичної підготовки здобувачів вищої освіти у закладах вищої освіти.

Однією з основних проблем сучасної хімічної освіти є недостатній рівень практичної підготовки студентів. Значна частина навчального часу спрямовується на опанування теоретичного матеріалу, тоді як лабораторні та практичні заняття нерідко мають обмежений характер через нестачу реактивів, обладнання або належного технічного забезпечення [1]. У результаті майбутні педагоги можуть відчувати труднощі під час організації шкільного хімічного експерименту та проведення демонстраційних дослідів.

Лабораторний експеримент є невід'ємною складовою хімічної освіти, адже саме через практичну діяльність формуються дослідницькі навички, уміння аналізувати результати спостережень і робити науково обґрунтовані

висновки [4]. Проведення експериментів сприяє розвитку самостійності студентів, підвищує рівень їхньої мотивації та дозволяє поєднувати теоретичні знання з практикою.

Важливим напрямом модернізації підготовки майбутніх учителів хімії є використання цифрових технологій та елементів STEM-освіти. Сучасні освітні платформи, віртуальні лабораторії, інтерактивні моделі та цифрові симуляції значно розширюють можливості навчального процесу. Використання мультимедійних засобів дозволяє візуалізувати складні хімічні процеси, моделювати перебіг реакцій та проводити віртуальні дослідження, що особливо актуально в умовах обмеженого матеріального забезпечення лабораторій.

Разом із тим цифровізація освіти створює нові виклики для педагогів. Майбутній учитель повинен уміти критично оцінювати інформаційні ресурси, добирати ефективні цифрові інструменти та інтегрувати їх у навчальний процес відповідно до дидактичної мети [3]. Формування цифрової компетентності стає необхідною складовою професійної підготовки сучасного педагога.

Ще однією актуальною проблемою є недостатній рівень мотивації здобувачів освіти до вивчення природничих дисциплін. Хімія часто сприймається учнями як складний і надмірно теоретизований предмет, що потребує значного обсягу абстрактного мислення. У таких умовах особливого значення набуває використання практико-орієнтованого підходу, який демонструє зв'язок хімії з повсякденним життям, екологією, медициною, харчовими технологіями та промисловістю.

Ефективним засобом підвищення мотивації є впровадження дослідницьких і проєктних методів навчання [5]. Участь студентів та учнів у навчальних дослідженнях, наукових гуртках, конкурсах і STEM-проєктах сприяє розвитку творчого мислення, уміння працювати в команді та формуванню навичок самостійного пошуку інформації. Такі форми роботи

створюють умови для активного залучення здобувачів освіти до науково-пізнавальної діяльності.

Особливу увагу слід приділяти формуванню екологічної компетентності майбутніх учителів хімії. Сучасна хімічна освіта повинна орієнтуватися не лише на засвоєння наукових знань, але й на виховання відповідального ставлення до довкілля. Під час підготовки педагогів важливо розглядати питання раціонального використання ресурсів, безпечного поводження з хімічними речовинами та впливу хімічних виробництв на навколишнє середовище.

Не менш важливим аспектом є розвиток методичної компетентності майбутнього педагога. Учитель хімії має вміти адаптувати навчальний матеріал до вікових особливостей учнів, використовувати різноманітні форми та методи навчання, організовувати інтерактивну взаємодію в класі та створювати сприятливе освітнє середовище. Саме тому в процесі професійної підготовки необхідно поєднувати фундаментальну хімічну освіту з сучасними педагогічними технологіями.

Отже, підготовка майбутніх учителів хімії в сучасних умовах потребує комплексного підходу, який передбачає інтеграцію теоретичних знань, практичної діяльності, цифрових технологій та методичної підготовки. Вирішення актуальних проблем професійної освіти сприятиме формуванню конкурентоспроможного педагога, здатного ефективно організовувати освітній процес та розвивати інтерес учнів до природничих наук.

Список використаних джерел:

1. Методика викладання шкільного курсу хімії. / За ред. Буринської Н.М. К.: Освіта, 1991. 352 с.
2. Методика навчання хімії : Навч. пос. / Уклад. Горбатюк Н.М. Умань : ВПЦ „Візаві”, 2016. 136 с.
3. Шиян Н.І. Методика розв’язування задач з хімії: навчальний посібник для студентів факультету природничих наук та менеджменту першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Полтава : ІОЦ ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2023. 234 с.
4. Шиян Н.І. Шкільний курс хімії та методика його навчання : навч. пос. Полтава : ІОЦ ПНПУ імені В.Г. Короленка, 2018. 248 с.
5. Шиян Н.І. Шкільний курс хімії: навч. пос. Полтава : ІОЦ ПНПУ імені В.Г. Короленка, 2023. 242 с.

МЕНТОРСТВО І СУПЕРВІЗІЯ ЯК МЕХАНІЗМИ ПАРТНЕРСЬКОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЗВО І ЗЗСО У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ

Стрижак Д.О. (м. Полтава)

Сучасний етап розвитку педагогічної освіти в Україні характеризується переорієнтацією на компетентнісну модель підготовки майбутнього вчителя, посиленням практичної спрямованості та розбудовою ефективної взаємодії між закладами вищої освіти і закладами загальної середньої освіти, що спрямована на ефективну підготовку фахівця. У цьому контексті особливої актуальності набуває проблема забезпечення цілісності професійної підготовки майбутнього вчителя хімії, яка передбачає органічне поєднання теоретичного навчання з реальним педагогічним досвідом.

Вагомий внесок у з'ясування механізмів професійного становлення вчителя зробили дослідження Лінда Дарлінг-Хаммонд [2], присвячені менторингу та супервізії, а також напрацювання щодо концепції РСК (педагогічного предметного знання) у викладанні хімії (Д. Кан-Кючук [1], С. Генцер [1], Г. Аккус [1]).

Аналіз сучасних досліджень і освітньої практики засвідчує, що традиційні форми організації педагогічної практики не завжди забезпечують достатній рівень занурення студентів у професійну діяльність, а також не повною мірою сприяють усвідомленому перенесенню теоретичних знань у практику навчання.

У зв'язку з цим зростає значення партнерської взаємодії між ЗВО і ЗЗСО як відкритої освітньої системи, що створює умови для формування професійної компетентності майбутнього вчителя в автентичному освітньому середовищі.

Ефективними механізмами такої взаємодії виступають менторство і супервізія, які забезпечують узгодженість дій усіх учасників освітнього

процесу та сприяють поетапному професійному становленню майбутнього вчителя хімії. Менторство, реалізоване на базі закладів загальної середньої освіти, орієнтоване на передачу педагогічного досвіду, підтримку студента в процесі виконання професійних дій та його адаптацію до реального освітнього середовища. Натомість супервізія, що здійснюється викладачем закладу вищої освіти, забезпечує науково-методичний супровід, рефлексійний аналіз діяльності та узгодження практичного досвіду з теоретичними основами професійної підготовки.

Менторство під час виконання практико-орієнтованих завдань самостійної роботи на базі закладів загальної середньої освіти трактуємо як цілеспрямований процес професійного супроводу здобувача вищої освіти досвідченим учителем, який спрямований на формування в нього здатності ефективно здійснювати квазіпрофесійну та професійну діяльність у реальних умовах освітнього середовища.

Менторство – це не лише передача практичного досвіду, а й механізм входження студента в професію, що забезпечує поєднання спостереження, співдіяльності та поступового переходу до самостійного виконання трудових функцій учителя. Виконуючи практико-орієнтовані завдання, студент взаємодіє з учителем-ментором, який організовує доступ до освітнього процесу, моделює зразки професійної діяльності та створює умови для набуття власного педагогічного досвіду.

Основними функціями менторства у цьому процесі є:

- організаційна (залучення студента до виконання завдань у реальному освітньому середовищі);
- навчально-методична (демонстрація ефективних підходів до планування й проведення уроків, організації хімічного експерименту, оцінювання навчальних досягнень учнів, роботи з учнями);

- консультативна (надання рекомендацій щодо виконання завдань, добору методів і засобів навчання);
- рефлексійно-підтримувальна (обговорення результатів діяльності, виявлення труднощів, стимулювання професійного саморозвитку).

Особливістю менторства є його контекстність і практична спрямованість. Студент виконує завдання безпосередньо в умовах шкільного освітнього процесу, взаємодіє з учнями, бере участь у підготовці та проведенні уроків, організації експериментальної діяльності, оцінюванні навчальних досягнень. При цьому ментор поступово змінює рівень підтримки – від демонстрації й пояснення до делегування відповідальності, що забезпечує розвиток самостійності майбутнього вчителя.

Супервізія у підготовці майбутніх учителів хімії розглядається як система науково обґрунтованого педагогічного супроводу, що здійснюється викладачем закладу вищої освіти з метою координації, аналізу та корекції квазіпрофесійної та професійної діяльності здобувачів у процесі виконання практико-орієнтованих завдань. Супервізія забезпечує рефлексійно-аналітичний рівень осмислення діяльності, сприяє узгодженню практичного досвіду з теоретичними засадами професійної підготовки.

У межах виконання практико-орієнтованих завдань самостійної роботи супервізія виконує низку взаємопов'язаних функцій:

- проєктувальну (розроблення змісту завдань, їх узгодження з освітньою програмою та цілями професійної підготовки);
- координаційну (забезпечення взаємодії між ЗВО і ЗЗСО, узгодження діяльності студента, ментора та викладача);
- аналітико-рефлексійну (організація обговорення результатів виконання завдань, аналіз педагогічних ситуацій, формування здатності до самооцінювання);

- корекційну (виявлення труднощів і визначення шляхів їх подолання, індивідуалізація освітньої траєкторії студента);
- оцінювальну (визначення рівня сформованості професійної готовності та окремих її компонентів).

Важливою особливістю супервізії є її системний і поетапний характер, що узгоджується з логікою професійного становлення майбутнього вчителя хімії. На адаптаційно-орієнтаційному етапі супервізія спрямована на формування у студентів здатності до аналізу педагогічної діяльності та усвідомлення її структури; на квазіпрофесійному – на підтримку процесу перенесення теоретичних знань у змодельовані та частково реальні ситуації; на професійному – на поглиблений рефлексійний аналіз власної педагогічної діяльності та її вдосконалення.

Ефективність супервізії значною мірою залежить від використання різноманітних форм і методів її реалізації, серед яких: індивідуальні та групові консультації, супервізійні зустрічі, аналіз відеозаписів уроків, обговорення педагогічних кейсів, ведення рефлексійних щоденників, портфоліо професійного зростання. Такі форми сприяють розвитку критичного мислення, здатності до самоаналізу та формуванню професійної рефлексії.

На адаптаційно-орієнтаційному етапі практико-орієнтовані завдання передбачають спостереження за уроками хімії з подальшим їх методичним аналізом за визначеними критеріями (цілі, структура, методи, організація експерименту, активність учнів, оцінювання). Наприклад, студент отримує завдання проаналізувати урок на тему «Окисно-відновні реакції» з позиції реалізації діяльнісного підходу та ролі експерименту. Вчитель-ментор забезпечує доступ до заняття та коментує власні педагогічні рішення, тоді як викладач-супервізор організовує подальше обговорення, узагальнення результатів аналізу та співвіднесення їх із теоретичними положеннями методики навчання хімії.

На квазіпрофесійному етапі доцільним є використання ситуативно-практичних завдань, пов'язаних із розробленням і проведенням фрагментів уроків. Наприклад, студентам пропонується створити й реалізувати фрагмент уроку з використанням демонстраційного експерименту або цифрової симуляції, пояснюючи перебіг хімічної реакції на макро- і субмікроскопічному рівнях. У цьому випадку ментор допомагає адаптувати завдання до умов конкретного класу, а супервізор здійснює методичний аналіз і корекцію, звертаючи увагу на логіку подання матеріалу, доцільність методів і рівень досягнення поставлених цілей.

Важливе місце посідають дослідницько-орієнтовані завдання, спрямовані на організацію учнівського експерименту. Наприклад, студент розробляє інструктивну картку до лабораторної роботи з теми «Властивості кислот», передбачаючи елементи дослідницького підходу (висування гіпотези, планування експерименту, інтерпретація результатів). У процесі виконання такого завдання ментор консультує щодо безпеки, матеріального забезпечення та особливостей роботи з учнями, тоді як супервізор аналізує дидактичну доцільність і рівень сформованості дослідницьких умінь.

На професійному етапі ефективними є комплексні інтегровані завдання, що охоплюють повний цикл педагогічної діяльності: від планування серії уроків до оцінювання навчальних досягнень учнів. Наприклад, студенту пропонується розробити тематичний блок «Розчини» з урахуванням міжпредметних зв'язків, використання експерименту, цифрових ресурсів і формувального оцінювання, а також провести відповідні заняття. У цьому процесі ментор виступає консультантом і партнером, а супервізор забезпечує глибокий рефлексійний аналіз, допомагаючи студенту узагальнити власний досвід і визначити напрями професійного вдосконалення.

Окремої уваги заслуговує використання рефлексійних інструментів, зокрема ведення педагогічного щоденника, у якому студент фіксує власні

спостереження, труднощі, успіхи та висновки. Наприклад, після проведення уроку студент аналізує, наскільки вдалося реалізувати заплановані цілі, які методи виявилися ефективними, які труднощі виникли у взаємодії з учнями. Обговорення цих записів із ментором і супервізором сприяє розвитку рефлексивного мислення та формуванню здатності до самокорекції.

Впровадження практико-орієнтованих завдань самостійної роботи в умовах партнерської взаємодії ЗВО і ЗЗСО забезпечує поступове ускладнення професійної діяльності, її наближення до реальних умов та інтеграцію різних компонентів професійної готовності. Поєднання менторства і супервізії при цьому створює ефективний механізм підтримки студента, який одночасно забезпечує практичне занурення, науково-методичне осмислення та рефлексійне узагальнення набутого досвіду.

Список використаних джерел:

1. Can-Kucuk D., Gencer S., Akkus H. Development of pre-service chemistry teachers' pedagogical content knowledge through mentoring. Chemistry Education Research and Practice. 2022. Vol. 23. № 3. P. 599–615. DOI: 10.1039/D2RP00033D. 2. Darling-Hammond L. Strengthening clinical preparation: The holy grail of teacher education. Peabody Journal of Education. 2014. Vol. 89. P. 547–561. DOI: 10.1080/0161956X.2014.939009.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ВИЩІЙ ШКОЛІ: ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ НАВЧАННЯ ТА АКАДЕМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Кожушко К.С. (м. Полтава)

Сучасний етап розвитку вищої освіти характеризується стрімким переходом від класичних паперових носіїв інформації до глобальних цифрових екосистем. Масовий доступ до технологій штучного інтелекту, зокрема великих мовних моделей, кардинально змінив характер роботи з науковою інформацією [1]. Особливої ваги ці трансформації набувають у процесі підготовки фахівців природничого профілю, зокрема агрономів, технологів та біотехнологів, де обсяг фундаментальних знань з хімічних та біоінженерних дисциплін є колосальним. Впровадження інноваційних цифрових рішень супроводжується

значним потенціалом для підвищення ефективності навчання та досліджень, але водночас породжує нові комплексні виклики [2].

III в освітньому процесі ЗВО. Інтеграція технологій штучного інтелекту в освітнє середовище університетів дозволяє оптимізувати як рутинну, так і творчу діяльність викладача [3]. У контексті персоналізації навчання алгоритми здатні будувати індивідуальні траєкторії на основі постійного моніторингу успішності студентів та аналізу їхнього персонального стилю сприйняття інформації [2]. Важливим аспектом модернізації є також автоматизація оцінювання знань. Використання спеціалізованих онлайн-сервісів, таких як Conker, Quizizz, Kahoot, Socrative, Quizlet чи Wizer.me, дозволяє викладачу оперативно генерувати різнорівневі адаптивні тести, забезпечує миттєвий аналіз великих масивів даних і надає швидкий зворотний зв'язок щодо типових помилок студентів при вивченні складних тем з біохімії, фізичної та колоїдної хімії [4]. Окрім автоматизації контролю, використання сучасних чат-ботів уможливорює підтримку творчих процесів через моделювання проблемних ситуацій та реалізацію концепції інтерактивної взаємодії «Learning by Asking», за якої студент самостійно формулює запити до системи, що спонукає до більш природного й глибокого засвоєння матеріалу [1, 5].

III у науково-дослідній діяльності біотехнологів. Потужний поштовх технології штучного інтелекту дають і науковій сфері, оскільки сучасна наука оперує масивами даних, які окрема людина досягнути не здатна. Нейромережі відкривають якісно нові можливості для пришвидшення наукового прогресу в біотехнології та суміжних галузях. Зокрема, алгоритми машинного навчання забезпечують автоматичне сортування наукових публікацій, розпізнавання складних молекулярних структур та комп'ютерне моделювання біохімічних реакцій без потреби їхнього попереднього фізичного проведення, що суттєво заощаджує час та ресурси дослідників [2].

Системні виклики та загрози. Попри очевидну ефективність, безконтрольне впровадження нейромереж у вищу школу створює серйозні методичні ризики. Перш за все, постає проблема упередженості та достовірності інформації. Сучасні студенти виявляють надмірну довіру до комп'ютерних систем, проте нейромережі функціонують за принципом статистичної імітації і позбавлені реального розуміння сенсу, що неминуче веде до генерування псевдонаукових висновків у разі їхнього тренування на некоректних даних [1]. Крім того, виникає так званий ефект адаптації, коли намагання оцінювати складні процеси через математичні моделі змушує студентів підлаштовувати свої відповіді під алгоритм та штучні метрики замість розвитку критичного мислення [1]. Додатковим деструктивним чинником є розмивання меж плагіату, оскільки генеративні моделі стирають кордони між запозиченням і створенням нового тексту, формуючи серйозні загрози для академічної доброчесності та дотримання авторських прав [1, 5]

Таким чином, технології штучного інтелекту вже стали точкою неповернення для вищої освіти та науки. Для мінімізації супутніх ризиків у підготовці майбутніх біотехнологів та агрономів необхідно активно формувати внутрішню культуру роботи з нейромережами, обов'язково поєднуючи генерацію даних із їхньою верифікацією через альтернативні авторитетні джерела. У навчальному процесі викладачу доцільно поступово зміщувати акценти на усні форми захисту лабораторних робіт, колективні наукові проєкти та перехресний контроль, де людський розум і творчий підхід залишаються безальтернативними [1].

Список використаних джерел:

1. Дев'ятьяров С., Юхименко Н. Використання штучного інтелекту в сучасній освіті. *Передові технології реалізації освітніх ініціатив: зб. наук. праць / наук. ред. А. М. Зленко. Переяслав (Київ. обл.): Домбровська Я. М., 2025. С. 96-105*
2. Ісак Л., Рижков Р. Штучний інтелект у закладах вищої освіти: навчання та дослідження. *Передові технології реалізації освітніх ініціатив: зб. наук. праць / наук. ред. А. М. Зленко. Переяслав (Київ. обл.): Домбровська Я. М., 2025. С. 150-157*
3. Скворцова С., Симоненко Т. Штучний інтелект у науковій діяльності викладача університету: методологія та інструментарій: монографія. *Одеса: Університет Ушинського, 2025. 199 с.*
4. Медведева М.О. Добір онлайн-сервісів для

генерації тестів за допомогою штучного інтелекту. *Вісник науки та освіти*. 2024. №4(22). С. 1201–1213. [https://doi.org/10.52058/2786-6165-2024-4\(22\)-1201-1213](https://doi.org/10.52058/2786-6165-2024-4(22)-1201-1213). 5. Антоненко С. В., Ізмайлова М. К., Лирчиков В. О. Використання штучного інтелекту в роботі викладача. *Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій*. 2024. Том 28. С. 63-80. <https://dx.doi.org/10.15421/432406> 6. Кожушко К. Інформаційні технології в освіті: штучний інтелект. *Інноваційні підходи в освіті: інтеграція технологій, науки та практики у підготовці фахівців: матеріали 56-ї науково-методичної конференції викладачів і аспірантів*. Полтава : ПДАУ, 2025. С. 35-36. 7. Благодарь К.С. Розвиток критичного мислення у здобувачів вищої освіти хімічних та біотехнологічних спеціальностей. *Хімія, біотехнологія, екологія та освіта: Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 1516 травня 2024 року)*. – Полтава, 2024. С. 176-178 8. Благодарь К.С. Роль інноваційних підходів у підвищенні якості вищої освіти: виклики та перспективи. *Актуальні питання забезпечення якості вищої освіти : матеріали 55-ї науково-методичної конференції викладачів і аспірантів*. Полтава : ПДАУ, 2024. С. 41-43

СЕКЦІЯ IV
СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АГРОПРОМИСЛОВОГО
КОМПЛЕКСУ

EFFECTS OF DIFFERENT BIOCHAR TYPES AND APPLICATION
RATES ON SOIL CO₂ RESPIRATION UNDER WINTER WHEAT

Bojarszczuk J., Wyzińska M. (Puławy, Poland)

Soil respiration represents a key component of the global carbon cycle, reflecting CO₂ emissions from soil to the atmosphere. Its intensity is highly variable and depends on multiple factors, including soil structure, seasonal conditions, agricultural practices, soil moisture, fertilization, and crop type [1, 2]. Despite increasing research interest, the mechanisms by which changes in soil microbial communities influence the quantity and quality of carbon mineralized remain insufficiently understood. One of the promising approaches for modifying soil carbon dynamics is the application of biochar, which has been reported to influence soil organic carbon stabilization and microbial activity [3-5].

The objective of this study was to evaluate soil respiration dynamics under winter wheat depending on biochar type, application rate, and timing of measurement. A three-factor pot experiment was conducted during the 2023–2025 growing seasons in the Vegetation Experimentation Hall of the Institute of Soil Science and Plant Cultivation – State Research Institute (IUNG-PIB), Puławy, Poland, with six replications. The first factor was biochar type: (0) control (no biochar), (1) wheat husk biochar (WHB), (2) medicinal plant biomass biochar after extraction (MPB), (3) wood chip biochar (WCB, «Fluid», Poland), (4) sawdust biochar (SB), (5) rye straw biochar (RSB), and (6) meat and bone meal biochar (MBMB). The second factor was biochar application rate: 1 and 3 t·ha⁻¹. The third factor was the timing of measurements. Winter wheat (cv. Hondia) was used as the test crop.

Soil respiration was measured using a CIRAS-2 system (PP-Systems, USA) equipped with a SRC-1 soil CO₂ flux chamber. The chamber (volume 1.17 dm³; area 75.6 cm²) was inserted into the soil, and CO₂ accumulation was recorded over 60 seconds. Measurements were performed between 9:00 and 13:00. Fluxes were expressed as g CO₂·m⁻²·h⁻¹ (range 0–9.99 g CO₂· m⁻²·h⁻¹). Additionally, evapotranspiration (E), CO₂ concentration differences (ΔCO₂), and soil moisture changes were recorded. Measurements were conducted at seven phenological stages: before sowing, BBCH 12, BBCH 29, BBCH 32, BBCH 51, BBCH 65, and after harvest.

Across the 2023–2025 period, significant variation in soil CO₂ fluxes was observed depending on biochar type and crop development stage. The highest soil respiration rates, regardless of application rate, were recorded in treatments with rye straw biochar, reaching 0.223 and 0.227 g CO₂· m⁻²·h⁻¹ for 1 and 3 t·ha⁻¹, respectively. The lowest respiration intensity was observed in the control treatment without biochar (0.170 g CO₂· m⁻²·h⁻¹). Among biochar-amended treatments, the lowest values were recorded for meat and bone meal biochar, with an average of 0.185 g CO₂· m⁻²·h⁻¹ across both application rates.

Statistical analysis revealed significant differences in soil respiration depending on the measurement date, with the highest CO₂ fluxes observed during the tillering stage (BBCH 29) and elevated values also during stem elongation (BBCH 32), while lower respiration rates were recorded before sowing and after harvest. A tendency toward increased soil respiration was observed with the higher biochar application rate (3 t·ha⁻¹), although the differences between doses were not statistically significant.

Overall, the results indicate that biochar type and crop developmental stage are key drivers of soil CO₂ fluxes under winter wheat, while application rate showed a weaker, non-significant influence on respiration intensity.

References:

1. Moraru P. I., Rusu T., Sopterean M. L. Soil tillage conservation and its effect on erosion control, water management and carbon sequestration. *ProEnvironment/ProMediu*. 2010. Vol. 3. P. 359–366.
2. Moraru P. I., Rusu T. Effect of tillage systems on soil moisture, soil temperature, soil respiration and production of wheat, maize and soybean crops. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2012. Vol. 10, no. 2. P. 445–448.
3. Lehmann J., Gaunt J., Rondon M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2006. Vol. 11, no. 2. P. 403–427.
4. Spokas K. A., Koskinen W. C., Baker J. M., Reicosky D. C. Impact of woodchip biochar additions on greenhouse gas production and sorption/degradation of two herbicides in Minnesota soil. *Chemosphere*. 2009. Vol. 77, no. 4. P. 574–581.
5. Dempster D. N., Jones D. L., Murphy D. V. Organic nitrogen mineralization in two contrasting agro-ecosystems is unchanged by biochar addition. *Soil Biology & Biochemistry*. 2012. Vol. 48, no. 1. P. 47–50.

**HUMUS PRESERVATION IN CLIMATE CHANGE CONDITIONS:
THE ROLE OF ORGANIC TECHNOLOGIES AND AGROCLIMATIC
FACTORS**

Laslo O.O. (Poltava, Ukraine)

In the conditions of modern climate change, the issue of humus preservation in Ukrainian soils is becoming particularly relevant, since it is the content of organic matter that determines the level of their fertility, biological activity and ecological stability. Agroclimatic factors, in particular temperature regime, water supply and intensity of atmospheric precipitation, play a major role in the processes of humus formation and mineralization of organic matter. This is especially important for dark gray podzolized soils, which, on the one hand, are capable of accumulating organic matter, and on the other hand, are vulnerable to degradation under anthropogenic load.

Organic technology in agriculture is considered an effective way to preserve the fertility of such soils, as it involves minimizing mechanical cultivation, avoiding chemicals, and focusing on natural self-regulation processes. However, even in an organic farming system, the humus content in the soil largely depends on the action of agroclimatic factors, which can both stimulate and inhibit the accumulation of organic carbon [1].

The water regime also significantly affects the humus content. Long dry periods limit the development of agricultural crops, reduce the supply of plant residues and inhibit the activity of soil microorganisms. Under such conditions, the processes of humus formation slow down, which leads to a decrease in the content of organic matter. In turn, intense precipitation can cause water erosion, which leads to the washing away of the upper humus horizon, the richest in organic carbon. This is accompanied by the destruction of the soil structure, a decrease in its water-holding capacity and a deterioration of conditions for the development of microbial associations.

Agrotechnological techniques also have a significant impact on the humus content. The use of mechanical tillage and weed control can disrupt the soil structure and activate the processes of humus mineralization [2]. In this context, organic farming involves the use of alternative approaches, such as mulching and the use of organic fertilizers. These measures contribute to the accumulation of organic matter, protect the soil from erosion and increase its biological activity.

Of particular importance is the balance between the intake and loss of organic matter. In modern agroecosystems, there is a tendency for mineralization processes to prevail over humus formation, which leads to the gradual depletion of soils. The use of crop residues, green manure, compost and other organic residues allows to compensate for these losses and maintain a stable level of humus.

The results of many years of observations indicate a close relationship between agroclimatic conditions and changes in agrochemical soil parameters. In particular, changes in soil acidity affect the availability of nutrients and the activity of microorganisms. Soil acidification is accompanied by a decrease in the availability of phosphorus, calcium and boron, which negatively affects the growth and development of crops. At the same time, optimization of the fertilizer system allows restoring acidity to a level favorable for the functioning of the agroecosystem.

Assessment of soil biological activity is an important element of humus state research. The intensity of microbial respiration reflects the rate of decomposition of organic matter and the formation of humus compounds [3]. A decrease in biological activity indicates a violation of soil processes and requires adjustment of agricultural technologies.

Thus, agroclimatic factors have a significant impact on the humus content in dark gray podzolized soils in the organic farming system. The most significant risks are temperature increase, moisture deficiency, erosion processes and imbalance of plant nutrients. To minimize the negative impact, it is worth implementing a set of adaptive, climate-oriented measures aimed at preserving organic matter and maintaining soil biological activity. The use of nature-oriented technologies, constant monitoring of agrochemical and biological soil indicators, and rational use of organic resources ensure increased soil fertility and the resilience of agroecosystems to climate change.

References:

1. Балюк С.А., Медведєв В.В., Кучер А.В., Соловей В.Б., Левін А.Я., Колмаз Ю.Т. Управління органічним вуглецем ґрунту в контексті продовольчої безпеки й змін клімату. Вісник аграрної науки, 2017, № 9. С.11–18. 2. Ласло О.О. Нагорна С.В., Панченко К.С. Моніторинг ґрунтів: еколого-агрохімічна оцінка. Аграрні інновації, № 26, 2024. С. 53–57. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.7>. 3. Ласло О.О., Оленір Р.В., Диченко О.Ю. Оцінка продуктивності ґрунтів за вмістом гумусу. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. № 44, 2024. С. 38–42. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3>

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОЛОКА КОРІВ, ОВЕЦЬ, КІЗ І КОБИЛ

Киричко О.Б., Байбарак В.О. (м. Полтава)

Актуальність проблеми зумовлена високою значущістю молока як базового продукту харчування людини, що має багатокомпонентний хімічний склад. З огляду на зростання інтересу до раціонального використання різних

видів сільськогосподарських тварин у молочному виробництві, важливим є порівняльне вивчення складу та фізико-хімічних властивостей молока.

Молоко – найбільш повноцінний і висококалорійний продукт харчування. По хімічному складу і харчовим властивостям воно не має аналогів серед інших видів природньої їжі, оскільки в ньому є найбільш повноцінні білки, молочний жир, молочний цукор, а також різноманітні мінеральні речовини, вітаміни, велика кількість ферментів та інших біологічних сполук, які легко засвоюються організмом. Всього в молоці міститься більше 200 різних речовин. Молоко широко використовують як в натуральному вигляді, так і для приготування різноманітних кисломолочних продуктів, сиру, масла.

Хімічний склад молока різних видів тварин відрізняється за вмістом основних його компонентів. Так, в середньому в коров'ячому молоці вміст води складає 87,5 %, а сухого залишку – 12,5 %. До останнього входять наступні показники (%): жир – 3,8; білок – 3,3; молочний цукор (лактоза) – 4,7; мінеральні речовини – 0,7. Молоко овець має наступні показники: вода – 82,1 %; сухий залишок – 17,9 %, в якому вміст жиру становить 6,7 %, білку – 5,8 %, молочного цукру – 4,6 %, мінеральних речовин – 0,8 %. Козяче молоко в своєму складі має 87,0 % води та 13,0 % сухого залишку (в ньому 4,1 % жиру, 3,5 % білка, 4,6 % лактози, 0,8 % мінерального залишку). В свою чергу, молоко кобил характеризується вмістом 90,0 % води та 10,0 % сухого залишку, який складається з 1,0 % жиру, 2,0 % білка, 6,7 % молочного цукру і 0,3 % мінеральних речовин. Тобто, найбільш концентрованим за вмістом поживних речовин є молоко овець, тоді як молоко кобил має підвищений вміст лактози та найнижчу концентрацією сухих речовин; молоко корів і кіз займає проміжне положення за більшістю показників, що зумовлює їх широке використання у харчуванні та переробці.

Практично в склад молока входять всі елементи періодичної системи. Однак більше за все міститься кальцію та фосфору. Більша частина

макроелементів знаходиться в молоці у вигляді неорганічних солей. Молоко багате на мікроелементи, серед яких особливо важливі марганець, нікель, кобальт, фтор, бром і йод. Зокрема, кількісні показники мінеральних речовин (золи) теж мають видові особливості. Вміст золи у коров'ячому молоці становить 0,7%, козячому – 0,8%, овечому – 0,9%, а у молоці кобил – лише 0,4%.

З макроелементів коров'яче молоко містить: калію 148 мг/100 г, кальцію – 122 мг, магнію – 13 мг, натрію – 50 мг, фосфору – 92 мг та хлору – 110 мг, а також виявлено незначні кількості нітратів (0,04 мг) і сірки (29 мг). Молоко овець характеризується підвищеним вмістом калію (198 мг), кальцію (178 мг) і фосфору (156 мг/100 г), при цьому вміст магнію становить 11 мг, натрію – 26 мг, а хлору – 76 мг. У козячому молоці вміст калію становить 145 мг, кальцію – 143 мг, магнію – 14 мг, натрію – 47 мг, фосфору – 89 мг та хлору – 35 мг/100 г. Молоко кобил відзначається найнижчими показниками макроелементів: калію – 64 мг, кальцію – 89 мг, магнію – 9 мг і фосфору – 54 мг/100 г, тоді як дані щодо натрію та хлору відсутні. Таким чином, молоко овець є найбагатшим на основні макроелементи, тоді як молоко кобил характеризується їх найнижчим вмістом. Коров'яче та козяче молоко займають проміжне положення за більшістю показників.

Якщо ж звернути увагу на мікроелементи, то в молоці корів міститься: заліза 67 мкг/100 г, йоду – 16 мкг, кобальту – 0,8 мкг, марганцю – 6 мкг, міді – 12 мкг, молібдену – 5 мкг, олова – 4 мкг, селену – 2 мкг, фтору – 29 мкг, хрому – 2 мкг та цинку – 457 мкг. Молоко овець характеризується підвищеним вмістом ряду мікроелементів, зокрема заліза (92 мкг), кобальту (5,0 мкг), марганцю (11 мкг), молібдену (8 мкг) та цинку (500 мкг), при цьому вміст йоду становить 16 мкг, а міді – 13 мкг/100 г. У козячому молоці відзначається найвищий вміст окремих мікроелементів: заліза – 100 мкг, марганцю – 17,2 мкг та міді – 20 мкг, тоді як вміст йоду становить 11 мкг. Молоко кобил містить менші кількості

мікроелементів: заліза – 61 мкг, кобальту – 1,4 мкг, марганцю – 2,9 мкг, міді – 22 мкг та цинку – 210 мкг/100 г, при цьому дані щодо більшості інших елементів не наведені. Так, овече та козяче молоко характеризуються вищим вмістом окремих мікроелементів, тоді як молоко кобил має відносно нижчі показники. Коров'яче молоко відзначається більш збалансованим мікроелементним складом.

Молоко містить велику кількість вітамінів. Їх склад залежить від годівлі та утримання тварин. Для збагачення молока вітамінами особливо велике значення мають соковиті та зелені корми, а також систематичні вигули тварин. В таблиці 1 поданий вміст найбільш важливих вітамінів в різному молоці.

Таким чином, молоко овець характеризується найвищим вмістом більшості вітамінів, особливо групи В і вітаміну С, тоді як молоко кобил містить їх у найменших кількостях. Козяче молоко вирізняється підвищеним вмістом жиророзчинних вітамінів, а коров'яче займає проміжне положення, що зумовлює його універсальну харчову цінність.

У молоці містяться також пігменти, одним з яких є каротин. Саме від нього залежить наявність жовтуватого відтінку секрету. У молоці кобил та овець він повністю перетворюється на вітамін А, через що воно має дещо сіруватий або молочно-білий з блакитнуватим відтінком колір. Вміст вітамінів в молоці сільськогосподарських тварин різних видів наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Вміст вітамінів в молоці різних видів сільськогосподарських тварин (на 100 г продукту)

Показники	Коров'яче	Овече	Козяче	Кобиляче
Вітамін А, мг	0,025	0,05	0,06	0,02
Каротин, мг	0,015	0,01	0,04	0,03
Вітамін D, мкг	0,05	-	0,06	-
Вітамін Е, мг	0,09	0,018	0,09	-
Вітамін С, мг	1,50	5,00	2,00	0,40

Вітамін В ₆ , мг	0,05	-	0,05	0,03
Вітамін В ₁₂ , мкг	0,40	0,50	0,10	0,35
Біотин, мкг	3,20	8,10	3,10	1,00
Пантотенова кислота, мг	0,38	0,41	0,30	0,25
Рибофлавін, мг	0,15	0,35	0,14	0,04
Тіамін, мг	0,04	0,06	0,04	0,03
Холін, мг	23,60	30,00	14,20	23,50

Однією з хімічних властивостей молока є його загальна та активна кислотність. Активна кислотність (рН) молока характеризується концентрацією вільних водневих іонів. Для коров'ячого молока вона коливається в межах 6,3-6,9 одиниць. Загальна (титрована) кислотність молока відображає як кислотні властивості складових молока (кислих солей, білків, газів), так і вміст вільної кислоти, яка утворюється в результаті бродіння лактози мікрофлорою, і виражається в градусах Тернера. Загальна кислотність свіжовидоєного збірного молока коливається від 16 до 18°Т. Серед фізичних показників частіш за все вимірюють густину молока. В середньому густина коров'ячого молока дорівнює 1,030 г/мл. Колір молока – білий або трохи жовтуватий. Запах приємний, специфічний.

Активна кислотність овечого молока мало відрізняється від коров'ячого (рН 6,5-6,9), а титрована кислотність коливається від 20 до 26°Т. Густина – 1,035-1,040 г/мл. Має дещо специфічний запах та смак, за рахунок високого вмісту жиру, тому його в основному використовують для отримання сирів, яким буде притаманний пікантний присмак. Молока має білий колір.

Козяче молоко і деякі продукти з нього іноді мають специфічний запах і присмак, внаслідок попадання в молоко з шкірного жиру деяких летких кислот при неохайному утриманні тварин. Має густину близько 1,033 г/мл. Активна кислотність становить рН 6,4-6,7, а титрована кислотність – 17-19°Т. Молоко має блідо-жовтий колір.

Кобиляче молоко має рН 7-7,2, титровану кислотність 6-9°Т. Воно рідкіше за коров'яче, має молочно-білий колір з блакитнуватим відтінком. Використовується для вироблення молочнокислого продукту – кумис (продукт спиртово-молочнокислого бродіння). Густина молока протягом лактації змінюється дуже мало: знижується від 1,033 г/мл у молозивний період до 1,028-1,029 г/мл в кінці лактації.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що молоко різних видів сільськогосподарських тварин суттєво відрізняється за хімічним складом та фізико-хімічними властивостями. Найбільш концентрованим за вмістом білків, жирів, мінеральних речовин і ряду вітамінів є овече молоко, тоді як кобиляче характеризується підвищеним вмістом лактози та найнижчою концентрацією сухих речовин. Коров'яче та козяче молоко займають проміжне положення, поєднуючи відносно збалансований склад із високою харчовою цінністю. Встановлено також, що овече молоко відзначається підвищеним вмістом макро- та мікроелементів і вітамінів групи В та С, козяче – підвищеним рівнем окремих жиророзчинних вітамінів і мікроелементів, а кобиляче – специфічними фізико-хімічними властивостями та зниженим мінеральним складом. Отримані результати підтверджують доцільність диференційованого використання молока різних видів тварин у харчовій промисловості та дієтичному харчуванні.

Список використаних джерел:

1. Ícaro M. L. G. Barreto, Stela A. Urbano, Chiara A. A. Oliveira, Cláudia S. Macêdo, Luiz H. F. Borba, Bruna M. E. Chags, Adriano H. N. Rangel. Chemical composition and lipid profile of mare colostrum and milk of the quarter horse breed. PLOS.One. Tokat, 2020. URL: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0238921> (дата звернення: 17.04.2026).
2. Faroog U., Ahmed S., Liu G., liang X., Yang H., Ding l., Ali M.. Biochemical properties of sheep colostrum and its potential benefits for lamb survival. Animal Biotechnology. 2024. Vol. 35(1). P. 1-12.
3. Мазуркевич А.Й., Карповський В.І., Камбур М.Д. та ін. Фізіологія тварин: підручник / за ред. А. Й. Мазуркевича, В. І. Карповського. Вінниця: Нова Книга, 2012. С. 279-288.
4. Науменко В. В., Дячинський А. С., Демченко В. Ю., Дерев'янка І. Д. Фізіологія сільськогосподарських тварин: підручник/ за ред. І. Д. Дерев'янка, А. С. Дячинського. Київ: Центр учбової літератури, 2009. 568 с.
5. Пльойзе Р. Виробництво молока: посібник для практичної діяльності, надання консультацій та навчання. Полтава: "ІнтерГрафіка", 2003. 145 с.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ МАТОЧНИХ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЗА ВНЕСЕННЯ СТИМУЛЯТОРА РОСТУ

Філоненко С.В., Беззубенко Я.О. (м. Полтава)

У сучасних умовах рівень продуктивності буряків цукрових залишається безпрецедентним серед польових культур помірного кліматичного поясу, оскільки жодна інша культура не здатна забезпечити аналогічну віддачу біомаси та енергетичного потенціалу з одиниці площі [4]. Саме тому у наукових і виробничих колах поширене обґрунтоване твердження, що їх вирощування еквівалентне триразовому підвищенню загальної продуктивності сівозміни [9]. Навіть за умов складної соціально-економічної ситуації, зумовленої військовими діями, коли вирощування значної частини зернових і олійних культур майже втратило економічну доцільність, буряки цукрові продемонстрували відносну стабільність рентабельності [7]. Це підтверджується, зокрема, зростанням їх посівних площ у 2024 році майже на 7%, що свідчить про підвищений інтерес товаровиробників до цієї культури як надійного джерела прибутку [8].

Загальновизнаним є положення, що рівень продуктивності буряків цукрових у значній мірі визначається якістю посівного матеріалу [3, 5]. В Україні, зокрема в її бурякосійних регіонах, домінує висадковий (дворічний) спосіб насінництва цієї культури [1]. Його сутність полягає у вирощуванні в перший рік вегетації маточних коренеплодів, які після осіннього збирання зберігають у спеціалізованих сховищах або траншеях [10]. У наступному вегетаційному періоді ці коренеплоди висаджують у ґрунт, де вони формують насіннєві рослини (висадки), що забезпечують отримання кондиційного насіння [11]. У цьому контексті вирощування високоякісних маточних коренеплодів є ключовою передумовою ефективного функціонування буряконасінницької галузі [12].

Варто зазначити, що на відміну від технологій вирощування фабричних буряків, які інтенсивно модернізуються та інтегрують сучасні агротехнологічні рішення, система виробництва маточних коренеплодів тривалий час розвивалася повільніше [2]. Проте останніми роками спостерігається активізація інноваційних підходів і в цьому сегменті, що проявляється у зростанні виходу так званих «ділових» (придатних до садіння) коренеплодів. Одним із ефективних агротехнічних заходів, що сприяє цьому, є застосування регуляторів росту рослин, зокрема препаратів із біостимулюючою дією [6].

З огляду на актуальність підвищення продуктивності маточних буряків, було проведено дослідження впливу позакореневого застосування регулятора росту Терра-Сорб Фоліар на формування продуктивності маточних рослин та фракційний склад їх коренеплодів. Польові експерименти здійснювалися упродовж 2024-2025 років у виробничих умовах одного з буряконасінницьких господарств області. Схемою дослідження передбачалося одноразове внесення препарату в нормі 3 л/га, а також дворазове внесення по 2 л/га; контрольним варіантом слугували посіви без застосування регулятора росту.

Результати дворічних досліджень засвідчили, що застосування препарату позитивно впливає на формування асиміляційного апарату рослин. Уже через 20 діб після обробки відзначалося суттєве збільшення площі листової поверхні, що свідчить про інтенсифікацію фотосинтетичної діяльності. Найвищі показники було зафіксовано у варіанті з дворазовим внесенням препарату – у середньому 4198 см² на рослину, що істотно перевищувало контроль (3634 см²). За одноразового внесення (3 л/га) площа листової поверхні також зростала і становила 3886 см².

Наприкінці вегетації, перед збиранням урожаю, спостерігалось природне відмирання нижніх листків, однак на варіантах із застосуванням регулятора росту цей процес відбувався повільніше, що вказує на пролонговану фізіологічну активність рослин. Незважаючи на певне зменшення площі

листяної поверхні, встановлена раніше тенденція зберігалася: максимальне значення цього показника було зафіксовано у варіанті з дворазовим внесенням – 1835 см², тоді як на контролі воно становило лише 1354 см². Проміжне значення (1671 см²) відмічено у варіанті з одноразовим застосуванням препарату.

Окремим напрямом досліджень було вивчення впливу позакореневого внесення Терра-Сорб Фоліар на фракційний склад маточних коренеплодів, що має принципове значення для механізованого висаджування. Встановлено, що застосування регулятора росту не спричиняло небажаного переростання коренеплодів, а навпаки – оптимізувало їх розподіл за масовими фракціями. Зокрема, у варіанті з дворазовим внесенням препарату частка коренеплодів масою 51-300 г досягала 51,4%, тоді як на фракцію 301-600 г припадало 42,7%. У підсумку загальна частка придатних до садіння коренеплодів становила 94,1%, що є високим технологічним показником.

Таким чином, у буряконасінницьких господарствах доцільно впроваджувати позакореневе застосування регулятора росту Терра-Сорб Фоліар при вирощуванні маточних буряків цукрових. Оптимальним варіантом є дворазове внесення препарату нормою по 2 л/га. Такий агрозахід сприяє підвищенню стійкості рослин до стресових чинників, інтенсифікації ростових процесів, збільшенню продуктивності та покращенню якісних характеристик маточних коренеплодів, зокрема їх придатності до механізованого висаджування.

Список використаних джерел:

1. Гізбуллін Н. Г. Як підвищити коефіцієнт розмноження насіння. Цукрові буряки. № 7. 2010. С. 12-14.
2. Іваніна В. В., Шаповаленко Р. М., Дубовий Ю. П. Регулятори росту у підвищенні продуктивності буряків цукрових. Новітні агротехнології. 2019. №7. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/204810> (дата звернення: 23.04.2026).
3. Корнієнко С. І. Прийоми формування високоякісного насіння ЧС-гібридів цукрових буряків. Цукрові буряки. 2014. №2. С. 7-9.
4. Лисак В.М., Філоненко С.В. Аналіз продуктивності буряків цукрових за позакореневого внесення регуляторів росту. Актуальні проблеми сучасної науки: теоретичні та практичні дослідження молодих учених : матеріали I Всеукраїнської науково-практ. конф. м. Полтава, 26-27 квітня 2023 р. Полтава : ПДАУ, 2023. С. 18-20.
5. Макух Я., Ременюк С. Раціональне керування вирощуванням цукрових буряків. Пропозиція –

головний журнал з питань агробізнесу. 13.05.2020. URL: <https://propozitsiya.com/ua/racionalne-keruvannya-vyroshchuvannyam-cukrovyh-buryakiv> (дата звернення: 15.04.2026). 6. Мекрушин М., Черемха Б. Регулятори росту – ефективний фактор підвищення продуктивності посівів. *Пропозиція*. 2001. №5. С. 60. 7. Сінченко В. М., Пиркін В. І., Широкоступ О. В. Досвід отримання високих врожайів цукрових буряків. *Агроном*. 2017. №2. С. 27-31. URL: <https://www.agronom.com.ua/dosvid-otrymannya-vysokyh-vrozhayiv-tsukrovyh-buryakiv/> (дата звернення: 24.04.2026). 8. Філоненко С.В., Лисак В.М. Вплив різних доз рістстимулюючих препаратів на продуктивний потенціал буряків цукрових в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. Вип. 3 (61), 2025. С. 171–176. 9. Філоненко С.В., Лисак В.М. Ефективне застосування рістстимулюючих препаратів на посівах буряків цукрових. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. № 145. Ч. 2. С. 134–141. 10. Філоненко С.В., Пантюхов Д.В., Пасічник В.А., Баитовий О.В. Ефективність висадкового насінництва за оптимізації технологічних процесів вирощування маточних коренеплодів та насінників буряків цукрових. *Актуальні напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва: матеріали III Міжнародної наук.-практич. інтернет-конф. м. Полтава, 28 листопада 2024 р. Полтава : ПДАУ, 2024. С. 48-51*. 11. Філоненко С.В., Триполец В.В. Ефективність регуляторів росту на посівах маточних буряків цукрових. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели: матеріали Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. м. Полтава, 30 верес. 2024 р. Полтава : ПДАУ, 2024. С. 80-83*. 12. Черемха Б. М. Біостимулятори росту рослин – вплив на урожай і якість продукції. *Захист рослин*. 1997. №11. С. 2-5.

ПРОДУКТИВНІ ТА ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЗА ВИСІВУ РІЗНИХ НОРМ НАСІННЯ

Філоненко С.В., Бейдик О.О. (м. Полтава)

Буряки цукрові у країнах помірного кліматичного поясу виступають фактично єдиною культурою, здатною забезпечувати промислове виробництво цукру, що визначає їх стратегічне значення у світовому агропромисловому комплексі [3]. У глобальному балансі цукрового виробництва частка бурякового цукру в останні роки коливається в межах 35–42%, що свідчить про стабільну роль цієї культури поряд із тростинним цукром [6]. Водночас господарська цінність буряків цукрових не обмежується лише коренеплодами: важливим компонентом є також гичка, яка після збирання врожаю використовується як органічна маса, що повертається у ґрунт у вигляді пожнивних решток і сприяє відтворенню його родючості [4]. Крім того, побічні

продукти переробки – жом і меляса – широко застосовуються у тваринництві як високопоживні корми, а також у промисловості для виробництва дріжджів, етилового спирту та інших біопродуктів [8]. Наявність буряків цукрових у сівозміні істотно підвищує загальний вихід кормових одиниць з одиниці площі, що додатково підсилює агроекономічну значущість цієї культури [9].

Сучасні технології вирощування буряків цукрових інтегрують широкий спектр інноваційних рішень, включаючи вдосконалені системи удобрення, захисту рослин і точного землеробства, що забезпечило істотне зростання продуктивності культури [1]. На сьогодні рівень урожайності коренеплодів понад 60 т/га став типовим показником для високотехнологічних господарств [7]. Значною мірою це є результатом цілеспрямованої селекційної роботи, спрямованої на створення високопродуктивних гібридів із підвищеним вмістом цукрози та адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов [11]. Гібриди нового покоління характеризуються інтенсивним типом росту та підвищеною ефективністю використання ресурсів, що обумовлює необхідність перегляду традиційних підходів до формування густоти стояння рослин [5]. Зокрема, загальноприйнята густина на рівні 100 тис. рослин/га не завжди відповідає їх біологічним потребам щодо площі живлення та реалізації потенціалу продуктивності [2, 10].

З огляду на це, було поставлено завдання дослідити вплив різних норм висіву насіння на формування врожайності та процеси цукронакопичення у гібридів буряків цукрових нового покоління з метою обґрунтування оптимальних параметрів їх вирощування. Відповідні польові дослідження проводили у 2024-2025 роках у виробничих умовах бурякосіючого господарства Кременчуцького району. Об'єктом дослідження був диплоїдний гібрид Джура, рекомендований для вирощування в умовах Полтавської області. Схемою досліду передбачалося вивчення п'яти норм висіву: 5, 7, 9, 11 та 13

насінин на погонний метр рядка, що відповідало 1,1; 1,5; 2,0; 2,4 та 2,9 посівних одиниць на гектар.

У результаті проведених досліджень встановлено, що варіювання норм висіву не мало негативного впливу на процес проростання насіння та формування початкової густоти рослин. Облік густоти здійснювали двічі – у фазі повних сходів та перед збиранням урожаю, що дозволило не лише оцінити фактичну густоту стояння, а й проаналізувати динаміку збереження рослин упродовж вегетації. Виявлено закономірну залежність між нормою висіву та інтенсивністю випадання рослин: зі зростанням густоти посіву зменшувалася площа живлення окремої рослини, що посилювало конкуренцію за вологу, поживні речовини та світло. У таких умовах слабші рослини елімінувалися, що призводило до більшого рівня їх випадання на варіантах із підвищеними нормами висіву.

Аналіз урожайності коренеплодів показав, що цей показник суттєво залежить від оптимізації густоти стояння рослин. Найвищі значення, у середньому за два роки, були отримані за норм висіву 9 та 11 насінин на метр рядка – відповідно 51,4 та 52,6 т/га, що достовірно перевищувало інші варіанти. Це свідчить про досягнення оптимального співвідношення між кількістю рослин та їх індивідуальною продуктивністю.

Щодо якісних показників, зокрема цукристості, встановлено, що вона зростала зі збільшенням густоти посіву. Максимальний вміст цукру (18,5%) зафіксовано при нормі висіву 13 насінин на метр, тоді як при нормі 11 насінин цей показник становив 18,3%. Водночас за знижених норм висіву формувалися крупніші коренеплоди з відносно меншим вмістом цукру (17,2% при 5 шт./м). Варіант із нормою 9 шт./м, який забезпечив високий рівень урожайності, характеризувався також достатньо високою цукристістю – 18,2%, що свідчить про його збалансованість.

Найбільш інтегральним показником ефективності вирощування буряків цукрових є збір цукру з одиниці площі. Максимальне значення цього показника (9,62 т/га) отримано за норми висіву 11 шт./м насінин, тоді як при нормі 9 шт./м насінин він був дещо нижчим – 9,35 т/га. Інші варіанти поступалися за цим показником, що підтверджує доцільність оптимізації густоти посіву саме в межах середніх значень.

Таким чином, за вирощування гібридів буряків цукрових нового покоління доцільно застосовувати норми висіву в межах 9-11 насінин на погонний метр рядка (приблизно 2,0-2,5 посівні одиниці на гектар). Саме за таких параметрів формуються агрофітоценози з оптимальною структурою, що забезпечує отримання вирівняних за розмірами коренеплодів із високими показниками як врожайності, так і якості, зокрема вмісту цукру.

Список використаних джерел:

1. Гангур В.В., Філоненко С.В., Міленко О.Г., Лисак В.М., Павленко Т.К. Продуктивні та якісні показники буряків цукрових за оптимізації мікроелементного живлення культури. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. Вип. № 140. С. 96–105.
2. Зуєв М.М. Вплив густоти рослин на агрофізичні параметри коренеплодів і якість збирання. *Цукрові буряки*. 2018. №4. С.12, 19.
3. Іваніна В., Стрілець О., Зацерковна Н. Цукрові буряки – високі та стабільні врожаї. *Пропозиція - головний журнал з питань агробізнесу*. 15.08.2016. URL: <https://propozitsiya.com/ua/cukrovi-buryaky-vysoki-ta-stabilni-vrozhayi> (дата звернення: 21.04.2026).
4. Макух Я., Ременюк С. Раціональне керування вирощуванням цукрових буряків. *Пропозиція*. 2020. №2. С. 26-29. URL: <https://propozitsiya.com/ua/racionalne-keruvannya-vyroshchuvannyam-cukrovyyh-buryakiv> (дата звернення: 21.04.2026).
5. Нос М.С., Філоненко С.В. Вплив норм висіву насіння на продуктивність цукрових буряків. *Наукові основи сучасних агротехнологій : матеріали VI наук.-практ. інтернет-конф. м. Полтава, 25-26 квіт. 2018 р. Полтава : РВБ ПДАА, 2018. С. 40-45.*
6. Павленко В. А. Цукрові буряки сьогодні й завтра. *Пропозиція*. 2016. №6. С. 50-52.
7. Сінченко В. М., Пиркін В. І., Широкоступ О. В. Своєчасна і якісна сівба цукрових буряків – основа врожайності і якості. *Цукрові буряки*. 2016. №2. С. 57.
8. Філоненко С.В., Лисак В.М. Ефективне застосування рістстимулюючих препаратів на посівах буряків цукрових. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. № 145. Ч. 2. С. 134–141.
9. Філоненко С.В., Питленко О.С. Продуктивність та технологічні якості коренеплодів цукрових буряків вітчизняної та зарубіжної селекції. *Сучасні тенденції виробництва та переробки продукції рослинництва : матеріали IV Всеукраїн. науково-практич. інтернет-конф. ПДАА, кафедра рослинництва , 20-21 квіт. 2016 р. Полтава: РВ ПДАА, 2016. С. 148-154.*
10. Філоненко С.В., Шевельов О.П. Продуктивність цукрових буряків залежно від густоти стояння та строків збирання в умовах зони недостатнього зволоження лівобережного Лісостепу України. *Динаміка наукових досліджень – 2004 : матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. Том 16. Сільське господарство. Ветеринарія. м. Дніпропетровськ, Наука і освіта. 2004. С.45-46.*
- 11.

Шевченко І. Л. Екологічна стабільність і пластичність нових ЧС гібридів цукрових буряків. Цукрові буряки. 2011. №5. С. 8-10.

НОВІ СУЧАСНІ СОРТИ СОЇ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Білявська Л. Г., Мудряк М.О., Білявський Ю. В. (м. Полтава)

Соя – феноменальна культура. З вегетацію, культура надає два гарантованих врожаю білку та жиру. Їх якісний хімічний склад забезпечує людство топовими продовольчими ресурсами. Соя культурна досить успішно конкурує з іншими культурами в сівозміні. Соя має значний попит на ринку насіння. Вона відрізняється цінними господарськими властивостями, які мають попит не лише для галузі переробки продукції й кормовиробництва. Її вирощують в усіх ґрунтово кліматичних умовах країни. Відбувається збільшення сої в структурі посівних площ України. Поступово підвищується врожайність сої. Значення культури як «попередника №1» – вже не викликає сумнівів. Тому, вітчизняні виробники ведуть ретельний добір гарних сортів сої різних груп стиглості для свого конкретного ґрунтово кліматичного регіону та індивідуальних умов господарства [1].

Головним сучасним завданням для селекціонерів є створення сортів із специфічними механізмами самоналаштування. Вони повинні забезпечувати оптимальне функціонування рослин у різних складних умовах [2]. За різних ґрунтових й кліматичних умов України, сорт повинен мати підвищену адаптивність, пристосованість [3-4] та самостійно регулювати закладену генетичну інформацію залежно від зміни різноманітних чинників та стресів.

Українські наукові установи НААН України продовжують вести селекцію сої культурної. Так, для створення сучасного сорту сої українського походження потрібно 8-12 років. Не завжди створені сорти потрапляють до Реєстру рослин. Їх подальше поширення також залежить від різних ґрунтових й погодних умов середовища, де їх будуть висівати. Тому, що сорт створений у

окремої кліматичної підзоні. Та, частіше, у інших умовах такий сорт – не адаптований й не пристосований. Потенціал таких сортів – високий там, де він створений та в подальшому, залежить від ведення насінництва цього сорту.

Також, активно відбувається завезення до терен України зарубіжних сортів. Вони спочатку вивчаються на наукових демонстраційних полігонах у різних регіонах країни. Перспективні сорти передають на сортовипробування, де їх частину через 2-3 роки реєструють та поширюють в нашої країні. Інша частина (не зареєстровані сорти та частіше сорти-ГМО) поширюється в Україні без дозволу й зі значними порушеннями. Слід зауважити, що є зарубіжні сорти різних селекційних компаній (офіційно зареєстровані), які мають значний потенціал урожайності та витримують українські умови виробництва. У більшості випадків, вони екологічно пластичні, показують стабільність, особливо у сприятливі роки. Гарний генетичний потенціал продуктивності вони показують протягом першого року використання (посів оригінальним насінням). В подальшому, потенціал таких сортів обмежується стресовими умовами вирощування, які в умовах зміни клімату, все частіше мають вплив [4]. Іншою причиною зниження їх врожайності є слабка система їх насінництва, яку проводять у межах нашої країни.

В умовах Лісостепу (чорноземі звичайні або опідзолені) рослини сої культурної показують гарні результати. Для цього у різних підзонах Лісостепу створюють демополігони, де показують практичні господарські властивості кожного сорту, їх потенціал та особливості. Так, в цих умовах були розглядалися та вивчалися усі перспективні та зареєстровані останнім часом, сорти сої, що представляють значний цікавість та попит.

Серед українських сортів на ринку з'явилися наступні (занесені до Державного реєстру сортів рослин України).

Селекцетр Інституту сільського господарства Степу НААН – сорти Камея та Златопільська.

Селекцетр СГІ–НЦНС НААН – сорти Зміна та Одеситка. Відрізняються низькою висотою рослин – 60–78 см. Врожайність – середня (для Степу – 2,4–2,6 т/га; для Лісостепу – 3,1 т/га). Якість насіння – білку (40–42%), жиру – 19–21%.

Селекцетр Інституту кормів та сільського господарства НААН – сорти Королева (для усіх кліматичних зо країни) та Славна (для Степу та на Поліссі). Сорти мають насіння вагою 135–167 г. Відрізняються високим вмістом білку (35–40%) та жиру (21–24,5%).

Нові та перспективні сорти сої зарубіжної селекції:

Сорти, що стійкі до гербіцидів на основі гліфосату: трансгенний сорт Рубі – *період вегетації* – до 90 діб. Високий показник кріплення нижнього бобу. Потенціал врожаю – більше 6 т/га. Також, сорти Краун та Оттава – рекомендовано для регіонів України.

Нові сорти від компанії РЖТ, які характеризуються стійкістю проти вилягання й розтріскування бобів: РЖТ Сальса, РЖТ Сфінкса, РЖТ Сателія. Їх відносять до ранньостиглої групи. Сорт РЖТ Сакуза (ранньостиглий).

Є також нові сорти селекційної компанії РН Petersen: Покахонтас, Дакота, Смарагд. Відрізняються високою продуктивністю, якістю насіння.

Крім того, поширюються *сорти італійської селекції*: GMAX 8004 та GMAX 8132. Перспективні сорти *канадської селекції*: ОАС Almond та ОАС Attika. Поширюється во всіх кліматичних зонах України. Насіння крупне – 190–230 г, з високим вмістом жиру – 22,5–24,5%. Також, вони стійкі проти посухи, вилягання та комплексу захворювань.

Як наслідок, протягом останніх кількох років, посівні площі в Європі продовжують збільшуватися. Відбувається значний попит на традиційну (не ГМО) сою. Важливим компонентом є зростання попиту на харчові та кормові інгредієнти. Маркуватися повинні сорти, що містять понад 0,9% ГМ-матеріалу. Щоб зберегти позитивні тенденції та збалансовано постачати сої в

майбутньому, ефективно вирощування повинно бути супроводжуватися постійним поліпшенням сортів й створенням нових, сучасних. Крім того, збільшується частота несприятливих погодних явищ за останні 20 років.

Важливими ознаками якості насіння сої, є вміст білку, склад амінокислот, вміст олії, склад жирних кислот, ізофлавіони, інгібітори трипсину. Визначення необхідних ознак якості значно полегшує відбір у селекційних програмах. Поліпшені властивості у отриманих продуктів із сої сприяють ефективному обміну вихідного та цінного матеріалу між різними селекційними та науковими центрами для внесення різноманітності в селекцію сої.

Таким чином, серед багатьох сортів сої слід ретельно вести добір сортів для використання у господарстві та порівнювати їх практичні господарські властивості у різних умовах середовища.

Список використаних джерел:

1. Мізерник Д. В. Сучасний стан та перспективи вирощування сої в світі і Україні. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76 (1). С. 36–47. DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-4.
2. Стоцька С. В., Коткова Т. М., Клименко Т. В., Панчишин В. З. Формування продуктивності нових сортів сої в умовах Лісостепу. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 129. С. 132–138. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.17>.
3. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Селекція і розміщення виробництва сої в Україні. Київ : ФОП Данилюк В. Г., 2008. 216 с.
4. Білявська Л. Г. Адаптивність сортів сої полтавської селекції в умовах зміни клімату. *Наук.-техн. бюл. Ін-ту олійних культур НААН*. 2010. Вип. 15. С. 33–38.

АКТУАЛЬНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ФІТОМАСИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

Кулик М. І. (м. Полтава)

В Україні, поряд із продовольчою безпекою, досить важливим напрямком на сьогодні є розвиток енергетичного сектору. Це потребує більш ширшого використання поновлюваних джерел енергії, в т.ч. й рослинного енергоресурсу. З-поміж якого, сировина енергетичних культур є найбільш доступним та дешевим варіантом для виробництва біопалив. Поряд з цим, енергетичним

культурам притаманна висока адаптивність й здатність щорічно формувати значний обсяг біомаси для різнопланового використання. Що в свою чергу дозволить не тільки забезпечувати споживачів енергією із біопалив, але й продуктами з доданою вартістю: біопластмаси, картон, папір [1].

Енергетичні культури – це спеціальні види рослин, які вирощують задля отримання їх вегетативної надземної маси та використання її як сировини для виробництва біопалив. Важливою перевагою таких рослин є можливість їх вирощування на низькородючих, забруднених ґрунтах, деградованих або малопридатних для продовольчого призначення землях за спрощеною агротехнологією. Такий підхід дозволяє уникнути конкуренції з продовольчими культурами, а при використанні енергокультур для рекультивації та фіторе mediaції, ще й повернути землі до сільськогосподарського використання [2, 3].

Найбільш поширені на території нашої країни енергетичні культури відносяться до родини тонконогових: просо прутоподібне – *Panicum virgatum* L. (Рис. 1 а), міскантуси – *Miscanthus Anderss* (Рис. 1 б), сорго цукрове – *Sorghum saccharatum* L. (Рис. 1 в) та інші, менш поширені, але викопродуктивні за біомасою та виходом енергії з одиниці площі - це клони верби й тополі та павловнія (*Paulownia*).



а



б



в

Рис. 1. Енергетичні культури з родини тонконогові

Малопоширені енергокультури також викликають зацікавленість у науковців та знаходять свою нішу для використання. Це такі як: Індіан-грас, він же Сорговник пониклий (*Indiangrass, Sorghastrum nutans, Sorghastrum nutans L.Nash*), Біг-блуестем або ж Бородач Жерара (*Andropogon gerardi*), Сіда, або Мальва віргинська (*Sida hermaphrodita Rusby*), Щавнат (*Rumex patientia L. xRumex tianshanicus A. Los.*), та ін. [4].

Встановлено, що рослинна біомаса енергокультур є відмінною сировиною для виробництва біопалив: твердих, рідких і газоподібних, які є альтернативою викопному паливу. Впровадження таких видів біопалив в ПЕК, в перспективі дозволить отримувати значну кількість енергії з рослинної сировини та в більшій мірі замінити непоновлювальні джерела. Такий підхід також сприятиме і всебічному розвитку територіальних громад та розвитку сільських територій [5].

За вирощування енергокультур необхідно враховують: стан і структурованість ґрунтів, їх водно-повітряні режими, біорізноманіття, колообіг карбону, наслідки для парникового ефекту та ін. Крім того, розробка концепції повного циклу «від виробника до споживача біопалива», з урахуванням впливу на навколишнє середовище сприятиме дотримання екологічних складових [6]. Необхідно звернути увагу також на очищення забруднених ґрунтів. У цьому випадку енергетичні культури можуть успішно виконувати фіторе mediaційні функції. Адже площі забруднених земель в Україні зростають з кожним роком. Це пов'язано із зростанням на агроценози пестицидного навантаження, міграцією поллютантів, радіоактивного накопичення, забруднення земель внаслідок військових дій, та ін. [7].

Різнопланове використання енергетичних культур дозволило нам узагальнити та побудувати схему застосування рослинної сировини [8] (рис. 2).

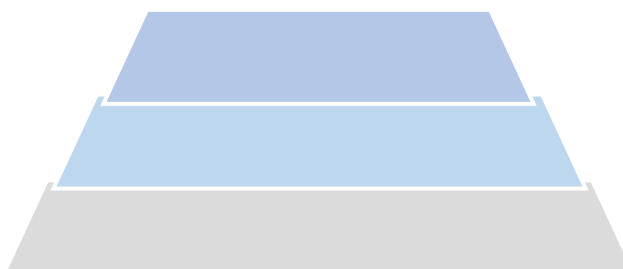




Рис. 2. Основні та продукти з доданою вартістю з фітомаси енергетичних культур

На вказаній схемі на нижньому щаблі піраміди знаходиться виробництво твердих біопалив. Що, для енергокультур є найбільш використовуваним ресурсом й має порівняно спрощену технологію перетворення. Вище – знаходяться більш технологічніші процеси. В результаті більш складних виробництв отримують рідкі та газоподібні продукти. Енергію з біомаси можна отримати трьома базовими методами: фізичним, фізико-хімічним та фізико-біохімічним. Третій рівень – виробництво целюлози, хіміко-термічна переробка, виготовлення картону, паперу та пакувальних матеріалів. Вище, за ієрархією йдуть продукти медичного призначення (для прикладу: капсули для ліків). Більш складними та затратними технологічними процесами виробництва є біохімічні процеси й виробництво водню. Біохімічні методи дозволяють отримувати з енерго культур біогаз, біодизель, етанол і мастила, що є альтернативою паливно-мастильним матеріалам з викопних джерел енергії. Вищий щабель виробництва – це військово-промисловий комплекс (ВПК), виробництво нітроцелюлози, компонентів вибухонебезпечних речовин.

Таким чином, отримання кінцевих продуктів переробки і біоконверсії з

рослинної сировини енергетичних культур дозволить отримувати як основну продукцію – біопалива, а також додатковий дохід від продуктів з доданою вартістю та сприятиме розвитку інших галузей виробництва.

Список використаних джерел:

1. Енергетичні культури : сортимент, біологія, екологія, агротехнологія: колективна монографія / за ред. док. с.-г. наук., проф. М. І. Кулика. Полтава: "Астроя", 2023. 220 с.
2. Курило В. Л., Рахметов Д. Б., Кулик М. І. Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах України. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. Вип. 1(88). С. 11–17.
3. Kulyk Maksym, Kalinichenko Oleksandr, Dekovetz Vitalii. Efficiency of energy crops cultivation for business development in Ukraine. Organization and management in the services' sphere on selected examples / Editors: Tetyana Nestorenko, Tadeusz Pokusa. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2020: 36–45.
4. Кулик М. І., Пришляк Н. В., Дьомін Д. Г., Писаренко Д. О. Рослинна сировина енергетичних культур: врожайність, обсяг біомаси та її якість. Корми і кормовиробництво. 2024. Вип. № 97. С. 85–94. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202497-09>
5. Кулик М. І., Падалка В. В. Розвиток біоенергетики на основі рослинного енергетичного ресурсу (на прикладі Полтавської області). Управління стратегіями випереджаючого інноваційного розвитку : монографія / за ред. к.е.н., доцента Н. С. Ілляшенко. Суми : Триторія, 2020. С. 109–118.
6. Тараненко А. О., Кулик М. І., Попов С. І. Агроекологічне обґрунтування вирощування енергетичних культур. Екологічні інновації у підвищенні економічної та продовольчої безпеки України : колективна монографія ; за ред. Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб, О. О. Горба. Полтава : Видавництво ПП «Астроя», 2020. С. 177–184.
7. Кулик М. І., Галицька М. А., Самойлік М. С., Жорник І. І. Фіторе mediaційні аспекти використання енергетичних культур в умовах України. Агрологія. 2018. Вип. 1 (4). С. 373–381.
8. Дьомін Д. Г. Агроекологічне обґрунтування вирощування енергетичних культур для виробництва біосировини. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 201 Агрономія. Полтавський державний аграрний університет Міністерства освіти і науки України, Полтава, 2024. 239 с.

ЯКІСНИЙ СКЛАД НАСІННЯ СУЧАСНИХ СОРТІВ СОЇ КУЛЬТУРНОЇ (*GLYCINE MAX (L.) MERRILL*)

Білявська Л.Г., Білявський Ю.В., Хоменко І.С. (м. Полтава)

Соя – цінна стратегічна культура для українського землеробства та важлива білково-олійна культура. Вона має досить широке використання в кормовиробництві, на харчові, технічні цілі і медицині. Потенціал сої визначається якістю насіння, високою продуктивністю, значним попитом та рентабельністю виробництва. Різноманітний хімічний вміст насіння сої сприяє

різнобічному його використанню [1-2]. Забезпечує близько 20 % світових білкових ресурсів. Її частка у світовому валовому зборі олійних культур дорівнює 61 %.

Різноманітність якісного складу та цінні дієтичні властивості сої є найважливішим джерелом необхідних людині корисних речовин. Головна цінність її – великий вміст рослинного білка з наявністю 9 бажаних тваринному організму амінокислот. Споживання різних соєвих продуктів допомагає встановити рівновагу тваринних білків в організмі. Енергетична цінність 100 г соєвого насіння – 147 ккал. Ця кількість має багато корисних речовин. До складу соєвого насіння входять такі необхідні елементи: білки – 12,95 г, жири – 6,8 г, вуглеводи – 11,05 г, вода – 67,5 г, мікроелементи (мідь, натрій, залізо, калій, кальцій, фосфор, магній). Також, це жирні кислоти (лінолева і ліноленова), фосфоліпіди (для роботи клітин нервової системи, вітаміни А і Е, які підвищують імунітет, естрогени).

Висока генотипова та модифікаційна мінливість культури призводить до коливань вмісту білку й жиру. Частіше це також залежить від кліматичних умов регіону, застосування різноманітних засобів та багатьох інших чинників. Доказано, що вміст білку як погодними умовами, так й генетичним поліпшенням. Вчені стверджують, що високий вміст жиру у насінні спостерігається при наявності протягом вегетації підвищеної зволоженості та оптимальних температур повітря. Підвищення вмісту білку – за посушливих умов й підвищеної температури. Між вмістом білку та жиру завжди відмічається характерна негативна кореляція.

Полтавський регіон завжди відмічали як найбільш пристосований та оптимальний для ефективного вирощування сої, як українських так й зарубіжних сортів. Селекція на покращення якісних показників насіння також складна, як й селекція на врожайність. Перевагу мають диференційований напрям і створювання джерел за різними ознаками, де застосовують інноваційні

та сучасні методи праці. Над створенням нових сортів із відмінними якісними характеристиками насіння активно працюють вчені Полтавського державного аграрного університету. За сприятливих та оптимальних умов середовища сорти сої забезпечують врожайність близько 3,4–3,8 т/га при дотриманні технологічних вимог вирощування.

Дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. у ФГ «Грига» Полтавського району. Визначали якість насіння 17 зразків сої (вегетаційний період 90–112 діб). Вивчали сорти української селекції: «Агат», «Артеміда», «Александрит», «Алмаз», «Антрацит», «Аметист», «Васільківська», «Авантюрин», «Аквамарин», «Анніт», «Моріон», «Цитрин», «Сердолік», «Зміна», «Королева», «Славна», «Моріон». Біохімічний аналіз насіння сої проводили у сертифікованій лабораторії.

Так, вміст головних показників якості насіння сої був наступний [3]:

Білок – «Агат» – 38%, «Артеміда» – 36%, «Александрит» – 40%, «Алмаз» – 40%, «Антрацит» – 40%, «Аметист» – 38%, «Васільківська» – 41%, «Авантюрин» – 39%, «Аквамарин» – 41%, «Анніт» – 39%, «Моріон» – 42%, «Цитрин» – 42%, «Сердолік» – 41, «Зміна» – 40%, «Королева» – 40%, «Славна» – 40%.

Жир – «Агат» – 20%, «Артеміда» – 18%, «Александрит» – 20%, «Алмаз» – 23%, «Антрацит» – 23%, «Аметист» – 21%, «Васільківська» – 21%, «Авантюрин» – 22%, «Аквамарин» – 21%, «Анніт» – 21%, «Моріон» – 21%, «Цитрин» – 21%, «Сердолік» – 21%, «Зміна» – 20%, «Королева» – 21%, «Славна» – 20%.

Але, ці показники отримані коли рослини на 60% були стані стресу. Так як 2023 рік – був оптимально сприятливий, 2024 р. – досить посушливий. А 2025 р. – досить прохолодним. Тому, наявним був прояв сортових особливостей та їх реакція на комплекс обмежуючих чинників.

Крім того, вченими встановлено, що високобілкові сорти сої мають високу суму незамінних амінокислот (22,5%). У низькопротеїнових сортів цей показник значно нижче й становить 16,3%. Й навпаки, сума замінних амінокислот, вища у низько білкових – 17,8% і нижча у високо білкових – 12,4%. Також встановлено, що у кожній групі стиглості сої присутнє відповідне співвідношення замінних і незамінних амінокислот.

Якість соєвого жиру не завжди відповідає вимогам харчових і технічних продуктів. Вивчення жирнокислотного складу жиру показало, що у сорту «Алмаз» був досить низький рівень вмісту ліноленату (5,5–6,5). Але, максимально спостерігали лінолевої кислоти – 49,0–52,0 з мінімальним коефіцієнтом варіації – $4,0 \pm 0,5$.

Важливою характеристикою насіння сортів є активність інгібітору трипсину. Так, високими показниками відрізнялися сорти «Цитрин» і «Сердолік», відповідно, 24,5–34,3 г/кг. У інших сортів – значення показника було на рівні 11,3–13,1 г/кг. Максимально допустима активність інгібіторів трипсину, що безпечна для молодняку тварин, – 3 мг/г. Також, на кожні 10% протеїну повинно бути не більш ніж 1 мг/г інгібіторів трипсину.

Аналіз біохімічних даних показав, що в соєвих продуктах рівень ізофлавонів залежить від сировини, із якої їх виготовляють (їх вмісту в насінні сорту). Тому дослідження цього показника (вміст флавоноїдів) у насінні сучасних сортів сої є доволі актуальним. Встановлено, що вміст флавоноїдів у насінні сої значно відрізнявся по сортах. У сортів «Адамос» та «Сердолік» цей показник був мінімальний – 90–100 мкг/г. Максимальне значення спостерігали у сорту «Моріон» – 420 мкг/г. У сортів «Анніт» та «Цитрин» – на рівні 170–220 мкг/г.

Таким чином, якість насіння сої на етапі їх переробки та використання у різних галузях виробництва становить досить актуальним. Тому, традиційні

сортів полтавської селекції, після селекційної доробки, можуть скласти достойну конкуренцію у багатьох напрямках її використання.

Список використаних джерел:

1. Рябуха С.С., Чернишенко П.В., Сєрікова Л.Г., Святченко С.І. Особливості формування біохімічного складу насіння сучасних сортів сої. Селекція і насінництво. 2018. Вип. 114. С. 71–78. doi.org/10.30835/2413-7510.2018.152139. 2. Рябуха С.С., Чернишенко П.В., Святченко С.І., Садовой О.О., Тесля Т.О. Вплив гідротермічних чинників довкілля на врожайність та біохімічний склад насіння сої. Селекція і насінництво. 2019. Вип. 115. С. 93–102. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2019.172785>. 3. Білявська Л.Г., Білявський Ю.В. Якість насіння сої української селекції та її особливості. Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 28 березня 2024 р.). Біла Церква: БНАУ, 2024. С. 10–13. 4. Методика проведення дослідів по кормовиробництву / За ред. А. О. Бабица. Вінниця, 1994. 88 с. 5. Білявська Л. Г., Білявський Ю.В. Вміст флавоноїдів у насінні нових сортів сої без опушення. Хімія, біотехнологія, екологія та освіта: Збірник матеріалів IX Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 15-16 травня 2025 року). Полтава, 2025. С. 303–306.

ПРОДУКТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СУЧАСНИХ ГІБРИДІВ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ – ОСНОВА ЕФЕКТИВНОГО БУРЯКІВНИЦТВА

Філоненко С.В., Климова Т.І. (м. Полтава)

Буряки цукрові у країнах помірного кліматичного поясу, до яких належить і Україна, обґрунтовано вважаються однією з найбільш енерго- та матеріаломістких сільськогосподарських культур [4]. Високий рівень ресурсозатратності їх вирощування зумовлений складністю технологічного процесу, значною потребою у поживних речовинах, волозі, засобах захисту рослин та високою інтенсивністю агротехнічних заходів [3]. Саме через поєднання високої продуктивності та підвищених вимог до умов вирощування буряки цукрові відносять до групи інтенсивних технічних культур.

Глобальне значення цієї культури проявляється не лише у виробництві цукру, а й у створенні значної кількості робочих місць у сільському господарстві та переробній промисловості [2]. Водночас технологія їх вирощування є багатокомпонентною і вимагає високого рівня професійної підготовки агрономічного персоналу [8]. У виробничій практиці вирощування

буряків цукрових часто розглядається як своєрідний індикатор кваліфікації спеціаліста, оскільки ця культура поєднує надзвичайно високий потенціал продуктивності з підвищеною чутливістю до агроекологічних чинників. Вона є одночасно високопродуктивною і біологічно «вибагливою», що потребує точного дотримання елементів технології на всіх етапах органогенезу [9].

Однією з ключових передумов формування стабільно високих урожаїв коренеплодів є впровадження у виробництво сучасних високопродуктивних гібридів, які характеризуються не лише високим рівнем урожайності, а й покращеними технологічними показниками цукросировини, зокрема підвищеним вмістом цукрози та кращою придатністю до переробки [12]. У сучасних умовах в Україні значного поширення набули гібриди іноземної селекції, що зумовлено їх високим потенціалом продуктивності [11]. Водночас оцінка їх господарської цінності є неоднозначною. З одного боку, зарубіжні гібриди часто перевищують вітчизняні за рівнем потенційної врожайності, проте з іншого – вони нерідко характеризуються нижчою екологічною пластичністю, меншою адаптивністю до локальних ґрунтово-кліматичних умов і підвищеною чутливістю до поширених хвороб [1]. Крім того, такі гібриди можуть поступатися за технологічними показниками якості коренеплодів, що впливає на ефективність їх промислової переробки [5]. Відомо також, що коренеплоди іноземної селекції часто мають гіршу лежкість у призаводських кагатах, що обумовлює необхідність їх першочергової переробки на цукрових заводах [6].

Не менш важливим є економічний аспект: широке використання імпортного насіння сприяє відтоку фінансових ресурсів за межі країни та стримує розвиток вітчизняної селекції і насінництва [7, 10]. У цьому контексті актуальним є порівняльне вивчення гібридів різного походження з метою обґрунтування їх ефективного використання в умовах конкретних агроекологічних зон.

З огляду на зазначене, метою досліджень було встановлення особливостей формування продуктивності гібридів буряків цукрових вітчизняної та іноземної селекції, а також уточнення біологічних закономірностей формування врожаю та технологічних якостей коренеплодів. Дослідження проводили у 2024-2025 роках у виробничих умовах бурякосіючого господарства Кременчуцького району.

Важливим елементом технології вирощування є оптимізація густоти стояння рослин, яка безпосередньо впливає на формування врожаю. Надмірне загущення посівів призводить до формування дрібних і витягнутих коренеплодів, значна частина яких втрачається під час механізованого збирання. Водночас зріджені посіви знижують ефективність використання площі живлення, сприяють підвищенню забур'яненості та формуванню надмірно великих коренеплодів, що часто пошкоджуються робочими органами бурякозбиральної техніки. Зважаючи на це, програмою досліджень було передбачено детальний облік густоти рослин упродовж усього вегетаційного періоду.

Моніторинг появи сходів здійснювали протягом десяти днів від моменту їх початку до повного припинення їх з'явлення. Аналіз отриманих даних засвідчив певні відмінності між гібридами. Зокрема, сходи вітчизняного гібриду Кіборг з'являлися раніше, ніж у гібридів іноземної селекції (Файтер і Сіу), у середньому на два дні. Така різниця, ймовірно, зумовлена особливостями передпосівної підготовки насіння: інкрустоване насіння вітчизняного гібриду потребує менше вологи для проростання порівняно з дражованим насінням іноземних аналогів, що прискорює процес появи сходів.

Динаміка формування сходів також свідчить про скорочений період від початку до повних сходів у гібриду Кіборг (у середньому 7 днів), тоді як у іноземних гібридів цей період був довшим і становив 9-10 днів. Водночас кількість отриманих сходів на всіх варіантах досліду була практично однаковою

– у середньому 5,4 рослини на погонний метр, що відповідає достатньому рівню польової схожості (77,1%) за висіву 1,6 посівної одиниці на гектар.

Перед збиранням урожаю встановлено, що найвищу густоту стояння рослин забезпечив вітчизняний гібрид Кіборг – 97,3 тис. шт./га рослин, тоді як у гібридів іноземної селекції цей показник був нижчим і коливався в межах 86,9-87,6 тис. рослин/га. Відповідні розрахунки показали, що інтенсивність випадання рослин була більшою саме у зарубіжних гібридів, що може свідчити про їх меншу адаптивність до умов вирощування.

Фенологічні спостереження дозволили встановити, що іноземні гібриди характеризуються більш тривалим вегетаційним періодом порівняно з вітчизняним гібридом. Це, ймовірно, пов'язано з їх генетичними особливостями та орієнтацією на умови вирощування в регіонах із довшим періодом вегетації. Водночас на тривалість вегетації істотно впливали й погодні умови років досліджень.

Таким чином, результати проведених досліджень свідчать, що вітчизняні гібриди нового покоління, зокрема Кіборг, за рівнем продуктивного потенціалу не поступаються іноземним аналогам, водночас перевершуючи їх за адаптивністю до несприятливих чинників довкілля, стабільністю формування густоти стояння рослин та технологічними показниками якості коренеплодів. Це обґрунтовує доцільність їх ширшого впровадження у виробництво як важливого чинника підвищення ефективності буряківництва та розвитку національної селекції.

Список використаних джерел:

1. Бондар В. С., Літвіновська Л. А. Іноземні гібриди цукрових буряків : «за» і «проти». Цукрові буряки. 2010. №5. С. 12-14.
2. Борисюк П.Г. Здобутки й втрати на плантаціях цукрових буряків України. Цукрові буряки. 2011. № 3. С. 4-5.
3. Іваніна В., Стрілець О., Зацерковна Н. Цукрові буряки – високі та стабільні врожаї. Пропозиція - головний журнал з питань агробізнесу. 15.08.2016. URL: <https://propozitsiya.com/ua/cukrovi-buryaky-vysoki-ta-stabilni-vrozhayi> (дата звернення: 21.04.2026).
4. Іоніцой Ю. Гібриди цукрових буряків: резерви бурякового поля. Пропозиція. 2016. № 12. С. 76-80. URL: <https://propozitsiya.com/ua/nevikoristani-rezervi-buryakovogo-polya> (дата звернення: 25.04.2026).
5. Сінченко В. М., Пиркін В. І., Широкоступ О. В. Досвід отримання високих врожаїв цукрових буряків. Агроном. 2017. №2. С. 27-31. URL: <https://www.agronom.com.ua/dosvid-otrymannya-vysokyh->

vrozhayiv-tsukrovyyh-buryakiv/ (дата звернення: 24.04.2026). 6. Тищенко М. В. Філоненко С. В., Боровик І. В., Коваль О. В., Гудименко Ж. В. Економічна ефективність короткоротаційної плодозмінної сівозміни залежно від системи удобрення цукрових буряків. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2020. № 3. С. 91–98. 7. Тищенко М.В., Філоненко С.В. Вплив системи удобрення цукрових буряків на продуктивність короткоротаційної плодозмінної сівозміни. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. №3. С.11-17. 8. Філоненко С.В. Цукор і бурякоцукрове виробництво: історія виникнення і становлення. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2008. №3. С. 53-59. 9. Філоненко С.В., Лисак В.М. Вплив різних доз рістстимулюючих препаратів на продуктивний потенціал буряків цукрових в умовах Лівобережного Лісостепу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія». Вип. 3 (61), 2025. С. 171–176. 10. Філоненко С.В., Охріменко В.О. Правильний підбір гібриду буряків цукрових – запорука реалізації ними максимальної продуктивності. Актуальні напрямки та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва: матеріали Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. м. Полтава, 23 лист. 2023 р. Полтава : ПДАУ, 2023. С. 30-32. 11. Філоненко С.В., Питленко О.С. Продуктивність та технологічні якості коренеплодів цукрових буряків вітчизняної та зарубіжної селекції. Сучасні тенденції виробництва та переробки продукції рослинництва : матеріали IV Всеукраїн. науково-практич. інтернет-конф. ПДАА, каф. рослинництва , 20-21 квіт. 2016 р. Полтава: Полтавська державна аграрна академія, 2016. С. 148-154. 12. Штангеев В. О., Кухар М.С. Деякі проблеми бурякоцукрового виробництва. Цукор України. 2010. № 1. С.2.

РОЛЬ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ

Марініч Л.Г., Сердюк В.О. (м. Полтава)

Соняшник – провідна олійна культура України. В останні роки розвиток ринкових відносин у країні сприяв зростанню попиту на насіння соняшнику та продукти його переробки як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках. За таких умов істотно підвищилися ціни на продукцію, і вирощування соняшнику стало досить прибутковим, що стимулювало розширення посівних площ у Лісостеповій зоні. Проте потенціал сортів і гібридів реалізується не повною мірою. Незважаючи на значний вклад вітчизняних науковців у розробку та вдосконалення технологій вирощування, фактична продуктивність культури залишається невисокою й нестабільною в різні роки. Важливість мікроелементів при вирощуванні соняшнику залишається ключовим фактором підвищення врожайності й якості насіння. Дослідження впливу мікроелементів

на соняшник забезпечують наукову основу для підвищення продуктивності, якості та стійкості виробництва, зниження витрат і мінімізації екологічних ризиків [1].

Мікроелементи – це хімічні елементи, необхідні рослині в дуже малих кількостях, але їх роль у забезпеченні нормального росту, розвитку та продуктивності культури є вирішальною. Для соняшнику, як і для інших технічних культур, дефіцит або надлишок мікроелементів може призвести до зниження врожаю, погіршення якості насіння та підвищення витрат на виробництво. Головні мікроелементи, що мають практичне значення при вирощуванні соняшнику: бор, марганець, цинк, залізо, мідь, молібден і кобальт.

Бор відіграє ключову роль у формуванні клітинної стінки, транспорті цукрів та заплідненні. Для соняшнику бор важливий на етапах формування кошика і запилення, його дефіцит призводить до зменшення кількості і якості насіння, порушення розвитку маточки і стерильності пилку. Бор також впливає на коренеутворення та стійкість до стресів [2].

Марганець необхідний для фотосинтезу, активації ферментів і метаболізму азоту. При дефіциті знижується ефективність фотосинтетичного апарату, погіршується накопичення сухої речовини та олії. Цинк важливий для синтезу гормонів росту (ауксинів), білків і ферментів. Недостатність цинку звужує листову пластину, викликає хлоротичні симптоми та зменшує інтенсивність росту, що особливо критично на ранніх стадіях розвитку соняшнику.

Залізо необхідне для синтезу хлорофілу та перенесення електронів у фотосинтетичних реакціях. Дефіцит заліза проявляється у вигляді інтервінальних хлорозів молодих листків і призводить до зниження продуктивності рослин. Мідь бере участь у ферментативних реакціях, диханні

та синтезі білків. Її нестача може викликати пригнічення росту, ослаблення стебла та зниження стійкості до хвороб.

Молібден необхідний для ферментів, що беруть участь у фіксації азоту та редукції нітратів. Для соняшнику, хоча це культура не азотфіксуюча, молібден важливий у забезпеченні ефективного використання внесених азотних добрив.

Кобальт у невеликих кількостях впливає на метаболізм рослин та мікроорганізмів у ризосфері, може підвищувати ефективність азотного обміну та стійкість до стресів.

Мікроелементи прямо впливають на кількість кошиків, розмір і масу насіння, вміст олії та технологічні властивості урожаю. Бор і цинк особливо важливі для запилення та формування насінневого матеріалу, їх дефіцит зменшує заплідненість і веде до недорозвинених сім'янок. Марганець і залізо підтримують інтенсивність фотосинтезу, що визначає накопичення асимілянтів у генеративних органах. Мідь і молібден впливають на обмін азоту і синтез білків у насінні, що важливо для якісних показників олії. Отже, збалансоване забезпечення мікроелементами підвищує як кількість, так і якість врожаю соняшнику.

Дефіцит мікроелементів може бути пов'язаний не лише з низьким вмістом у ґрунті, а й з факторами, що обмежують їх доступність: лужні рН, високий вміст органічної речовини, надлишок фосфору, погана структура ґрунту, зрошення жорсткою водою. Наприклад, у лужних і карбонатних ґрунтах залізо, марганець і бор часто стають менш доступними, навіть якщо їх загальний вміст достатній. Інтенсивні технології землеробства та тривалі монокультури виснажують легкодоступні форми мікроелементів, що робить регулярний моніторинг і корекцію живлення обов'язковими [3].

Щоб перевірити забезпеченість рослин соняшника мікроелементами потрібно перед посівом та в період вегетації проводити агрохімічні

дослідження ґрунту і поживного стану рослин за листовими аналізами, щоб виявити дефіцити та підібрати рекомендовані норми підживлень.

Для швидкої корекції дефіциту використовують листові підживлення хелатними добривами та спеціальними препаратами, що містять бор, марганець, мідь. Листкове підживлення ефективне, коли ґрунтові підживлення не забезпечують швидкого реагування рослин.

Для створення фоновго забезпечення застосовують мікродобрива у ґрунт у складі стартових комплексів або передпосівного внесення. При тривалому плануванні системи живлення рекомендується враховувати сумісність з макроелементами та агротехнікою.

Оптимальні результати досягаються при поєднанні ґрунтових і листових підживлень, урахуванні сорту, фази розвитку і погодних умов. Особливу увагу слід приділяти критичним фазам розвитку соняшнику – початок стеблування, бутонізація, цвітіння та налив насіння.

Рівномірне забезпечення мікроелементами підвищує використання внесених макроелементів, знижує витрати на добрива в довгостроковій перспективі та підвищує рентабельність виробництва. Лише цільове застосування мікродобрив у дозах, що враховують реальні потреби культури й стан ґрунту, мінімізує ризики накопичення шкідливих речовин і забруднення навколишнього середовища [4].

Мікроелементи є критично важливими для забезпечення високої продуктивності та якості насіння соняшнику. Системний підхід, який забезпечить аналіз ґрунту та листя, правильне поєднання ґрунтових і листових підживлень, врахування ґрунтової реакції та агротехнічних заходів дозволить оптимізувати живлення рослин, підвищити стійкість до стресів і забезпечити економічно ефективний процес вирощування соняшника. Регулярний моніторинг і своєчасна корекція мікроелементного статусу є обов'язковими складовими сучасної технології вирощування соняшнику.

Список використаних джерел:

1. Тоцький В.М., Лень О.І. Вплив макро- і мікродобрив на біометричні, продуктивні та якісні показники гібридів соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2021. № 119. С. 161–169. 2. Гангур В. В., Космінський О. О., Лень О. І., Тоцький В. М. Вплив удобрення на продуктивність соняшнику та якість насіння. *Вісник ПДАА*. 2022. № 2. С. 50–56. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.05>. 3. Тоцький В. М., Гангур В. В., & Поляков І. А. Урожайність та якість насіння гібридів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) залежно від системи удобрення. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. № 27(3). С. 5–11. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.01> 4. Гуска С.В. Урожайність соняшнику залежно від використання біопрепаратів та мікродобрив. Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти : матеріали IV міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Полтава, 18 грудня 2020 р. Полтава, 2020. С. 110–113.

ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯРОЇ ТВЕРДОЇ ПШЕНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ

Бараболя О.В., Латиш А.А. (м. Полтава)

Пшениця належить до базових культур аграрного виробництва і відіграє провідну роль у забезпеченні продовольчої безпеки. В умовах України вона стабільно займає значні площі, залишаючись однією з найважливіших зернових культур. Особливістю ярих форм є їх підвищена вимогливість до умов живлення та водозабезпечення, що зумовлює необхідність науково обґрунтованого підходу до удобрення. Рівень якості зерна, який безпосередньо впливає на конкурентоспроможність продукції, значною мірою формується під впливом умов вирощування, зокрема у регіонах із достатнім тепловим ресурсом - на сході та півдні країни [1].

На сучасному етапі розвитку сільського господарства проблема забезпечення стабільного зростання виробництва зерна набуває особливої актуальності. Постійне підвищення попиту на продовольство, кормову базу та промислову сировину стимулює пошук ефективних шляхів інтенсифікації рослинництва. У цьому контексті важливим є перегляд структури посівів із розширенням частки культур, що мають високу біологічну та харчову цінність.

До таких відносять тверду пшеницю, а також інші малопоширені, але перспективні культури – тритикале, просо, гречку, зернобобові [2].

Історично вирощування твердої пшениці було зосереджене переважно у південних регіонах, де кліматичні умови сприяють формуванню якісного зерна. Водночас поява нових сортів ярої форми цієї культури відкрила можливості для її поширення у зонах із менш сприятливими умовами перезимівлі. Зокрема, у північних районах Правобережного Лісостепу вирощування озимих форм супроводжується значними ризиками, що обумовлює доцільність використання ярих сортів. Для ефективного їх використання необхідним є вивчення реакції рослин на агротехнічні прийоми та екологічні чинники [3].

Хоча ярі зернові культури часто характеризуються нижчим рівнем урожайності порівняно з озимими, вони переважають за якісними характеристиками зерна. Тверда яра пшениця відзначається високим вмістом білка та специфічною структурою ендосперму, що визначає її цінність для виробництва макаронних виробів, круп'яної продукції та частково хлібопекарської галузі. Саме ці властивості формують підвищені вимоги до якості зерна даної культури [4].

Одним із стримуючих факторів поширення твердої ярої пшениці в Україні є відносно невисокий рівень її врожайності. Однак підвищення продуктивності можливе за рахунок удосконалення технологічних прийомів вирощування, зокрема оптимізації системи удобрення та добору адаптованих сортів. Враховуючи значну залежність внутрішнього ринку від імпортової продукції переробки твердої пшениці, розвиток власного виробництва набуває стратегічного значення.

Суттєвий вплив на формування врожаю та якість зерна має забезпеченість рослин елементами живлення. Рациональне використання макро- та мікроелементів, а також вибір оптимальних строків і способів їх внесення сприяють активізації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах. У результаті

покращується розвиток листкової поверхні, інтенсифікується фотосинтетична діяльність і зростає накопичення сухої речовини [1].

Важливою складовою технології вирощування є дотримання сортових особливостей агротехніки. Серед заходів, спрямованих на підвищення якості зерна, особливу роль відіграє позакореневе підживлення. Застосування азотних добрив у критичні фази розвитку рослин сприяє підвищенню вмісту білка, покращенню натури та скловидності зерна. Для твердої пшениці ці показники мають першочергове значення, оскільки вимоги до її якості є більш жорсткими порівняно з м'якими сортами [2].

Метою дослідження є обґрунтування ефективної системи живлення сортів ярої твердої пшениці з урахуванням оптимального поєднання макро- і мікроелементів для забезпечення високої врожайності та належної якості зерна.

Отримані результати свідчать про визначальний вплив системи мінерального живлення на формування продуктивності посівів. Збалансоване забезпечення рослин елементами живлення сприяє повнішій реалізації їх біологічного потенціалу та зростанню врожайності. Встановлено, що сорти Жізель та Ізольда демонструють найвищу ефективність за умов поєднання основного удобрення (N75P75K75) із позакореневими підживленнями, проведеними відповідно до фаз органогенезу.

Список використаних джерел:

1. Бараболя, О. В., Латиш, А. А. (2024). Перспективи вирощування пшениці твердої ярої для забезпечення внутрішнього споживання. *Scientific Progress & Innovations*, 27(1), 64-68. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.01.11>
2. Бараболя О.В., Латиш А.А. Вплив агрокліматичних факторів та систем удобрення на врожайність і якість зерна пшениці твердої ярої в умовах лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. No 28 (1). С. 81–87.
3. Бараболя О. В., Латиш А. А. Посів та вирощування ярої твердої пшениці. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 30 верес. 2024 р.). Полтава :ПДАУ, 2024. С.69-71
4. Бараболя О.В., Латиш А.А. Яра тверда пшениця – додаткова перевага, простота вирощування. Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти. матеріали VIII міжнародної науково-практичної інтернет – конференції. 12 грудня 2024 року, Полтава: ПДАУ, 2024. С. 25-27.

ПРИКЛАДИ ВПЛИВУ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА І СКОТАРСТВА НА ФАУНУ АМФІБІЙ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Паламаренко О.В. (м. Львів)

Амфібії в Україні представлені рядом Caudata, до якого належать тритони та саламандра. Загалом їх налічується 7 видів. Із них 5 видів трапляється на Львівщині. Ряд Anura в Україні представлений 13 видами. Усі вони поширені на території Львівської області.

Наші дослідження по батрахофауні Львівщини, які були проведені у березні та квітні 2026 року в південній околиці Львова (с. Ков'ярі, с. Новосілка, с. Раковець), стосуються 3-х видів безхвостих земноводних та 3-х видів хвостатих земноводних. Серед них такі види: ропуха звичайна (*Bufo bufo* L., 1758), жаба трав'яна (*Rana temporaria* L., 1758), кумка червоночерева (*Bombina bombina* L., 1761), тритон гребінчастий (*Triturus cristatus* Laurenti, 1768), тритон карпатський (*Lissotriton montadoni* Boulenger, 1880), тритон гірський (*Ichthyosaura alpestris* Laurenti, 1768). Загалом на території Львівщини фауну амфібії ми вивчаємо із 2005 року (Паламаренко О.В., 2020, 2021, 2022).

Спостереження проводили за амфібіями на нерестових водоймах. Одна із водойм розміщена на пасовищі поблизу с. Ков'ярі. Вона частково оточена деревною рослинністю, не пересихає упродовж року. Від початку 2000-х років поголів'я корів, кіз та коней у місцевих селян постійно зменшувалося від декількох десятків особин до декількох голів у 2020-2025 роках. Станом на 2026 рік пасовище більше не використовується для випасання худоби. Зважаючи на це, нерестилище ропух, трав'яних жаб, тритонів гребінчастих і червоночеревиць кумок не зазнає тиску з боку свійських тварин. Місцевість, що використовувалася раніше для випасу худоби зазнає закономірних трансформацій – з'являються деревні рослини, починають зникати лучні. Для амфібії така зміна ландшафту і зменшення тиску з боку свійських тварин мають

на даний момент позитивний вплив. Це пов'язано із відсутністю руйнування кладок ікри свійськими тваринами на водопої, а також більш безпечною міграцією до водойми з прилеглих лісових насаджень та агроугідь. Один із місцевих видів, а саме тритон гребінчастий, є представником Червоної книги України (2021).

Для батрахофауни околиць с.Ков'ярі повне зникнення сілськогосподарських тварин в цілому має позитивний вплив.

За дослідженнями лісових водойм в околицях сіл Раковець та Новосілка, встановлено, що вони використовуються для розмноження тритоном карпатським, тритоном гірським та жабою трав'яною. Станом на 03 квітня 2026 року у лісових нерестилищах виявлені кладки ікри трав'яної жаби, а також дорослі особини тритонів гірського та карпатського. Вказані види тритонів нами реєструються в зазначеній місцевості від 2005 року. Обидва види внесені у списки Червоної книги України (2021). Карпатський тритон є ендеміком, що населяє гори та передгірські лісові біотопи. Подекуди популяції цих амфібій стають ізольованими через рубки лісу, прокладання автомобільних доріг та інші трансформації ландшафтів.

Експлуатація лісів на Львівщині має на місцеву батрахофауну прямий вплив. Це пов'язано із формуванням системи водойм на ґрунтових дорогах, які амфібії різних видів охоче використовують для розмноження. З одного боку помітний позитивний вплив – для земноводних виникають нові можливості щодо розмноження та збільшення чисельності популяцій. З іншого боку – ці ж нерестилища можуть стати місцем загибелі кладок ікри та дорослих особин під час переміщення лісовими дорогами транспорту. У дослідженій місцевості виявлені окрім лісових доріг, які активно експлуатуються, також старі дороги із системою водойм-нерестилищ. Як правило, такі дороги непридатні для переміщення транспорту і розташовані неподалік тих, що активно експлуатуються. Саме в калюжах на старих лісових шляхах створюються

оптимальні умови для розмноження амфібій, включаючи гірського та карпатського тритона.

Отже, скотарство та лісове господарство на Львівщині мають як позитивний так і негативний вплив на популяції місцевих видів амфібій.

Список використаних джерел:

1. Паламаренко О.В. Катастрофічне скорочення чисельності амфібій у лісах зеленої зони Львова: причини та прогноз для популяцій // *Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Малин, 25 березня 2021 року)*. – С. 53-57. 2. Паламаренко О.В. Ризики для земноводних та плазунів на оновлених дорогах Львівщини // *Лісівнича освіта і наука: стан, проблеми та перспективи розвитку: Збірник матеріалів учасників міжнародної науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів, молодих вчених і викладачів (19 травня 2022 р., м. Малин)*. – Малин: Вид-во МЛТК, 2022. – С.121-123. 3. Паламаренко О.В. Скорочення чисельності трав'яної жаби (*Rana temporaria*) в умовах Липниківського лісництва ДП «Львівське лісове господарство», як показник нестабільності локальної екосистеми / «Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія». 2020 (№1-2 (79)). С. 36-41. 4. Про затвердження переліків видів тварин, що заносяться до Червоної книги України (тваринний світ), та видів тварин, що виключаються з Червоної книги України (тваринний світ) : Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 19.01.2021 № 29. Офіційний вісник України. 2021. № 18. С. 120.

ХРИЗАНТЕМА УВІНЧАНА В ОВОЧІВНИЦТВІ УКРАЇНИ:

СЕЛЕКЦІЙНИЙ АСПЕКТ ПОШИРЕННЯ

Позняк О.В., Пальонко О.В. (сел. Крути, Чернігівська обл.)

Кондратенко С.І. (сел. Селекційне, Харківська обл.)

Актуальним завданням розвитку агропромислового комплексу України є покращення видового складу та, відповідно, сортименту овочевих рослин. Це можливо здійснити шляхом створення сортів малопоширених видів, придатних до вирощування у різних агрокліматичних зонах країни. Наразі 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 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 [2].

До цінних видів рослин, перспективних для використання у вітчизняному овочівництві, належить хризантема увінчана (*Chrysanthemum coronarium* L., синонім - *Glebionis coronaria* (L.) Cass. ex Spach.). Продуктивними органами є соковиті листки, молоді пагони та пуп'янки. 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 [3, 4, 5].

Дієвими способами збагачення сортименту і розширення генофонду малопоширених, нетрадиційних та екзотичних рослин для певного регіону є інтродукція та селекція. Селекційну роботу про водили за загальноприйнятими методичними рекомендаціями з урахуванням біологічних особливостей даного виду рослин [6], оцінка селекційного матеріалу на відмінність, однорідність і стабільність - за методикою Українського інституту експертизи сортів рослин [7].

На Дослідній станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН створено новий сорт хризантеми увінчаної Успіх [8]. Урожайність зеленої маси у період збиральної стиглості (салатна стадія – фази «добре сформована розетка листків» – «початок стеблоутворення») нового сорту 20,9 т/га. Рослини густо облистяні, у салатній стадії формують соковиті пагони першого порядку, що придатні для вживання у свіжому вигляді. Вміст у зеленій масі: сухої речовини 10,81 %, вітаміну С 8,50 мг / 100 г, цукру 2,15 %. Сорт середньостиглий, початок збиральної стиглості настає на 30 добу після масових

сходів. Період господарської придатності триває 19 діб, що є перевагою нового сорту у порівнянні з вітчизняними та іноземними аналогами.

Морфолого-ідентифікаційні ознаки нового сорту. Рослина: габітус – напівпрямий. Стебло: інтенсивність зеленого забарвлення помірна. Стебло: антоціанове забарвлення відсутнє. Стебло: опушення відсутнє. Стебло: ламкість (крихкість) – наявна. Пагін першого порядку: опушення відсутнє. Листок: цупкість - не цупкий. Листок: забарвлення верхнього боку – зелене. Кошик: за типом простий. Квітка язичкова: за характером поверхні гладенька. Квітка язичкова: забарвлення біло-жовте. Квітка трубчаста: інтенсивність жовтого забарвлення сильна.

Сорт внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2026 році (Патент на сорт рослини № 260127 від 16.02.2026 р.; Свідоцтво про державну реєстрацію сорту № 260152 від 16.02.2026 р.).

У 2025 році для проведення науково-технічної експертизи до Національного центру генетичних ресурсів рослин України передані 2 створені в установі лінії хризантеми увінчаної овочевого напрямку використання – Альтернатива (Запит № 005520 від 19.12.2025 р.; № Національного каталогу US 0500293) та Розкішна (Запит № 005521 від 19.12.2025 р.; № Національного каталогу US 0500292).

Лінія Альтернатива характеризується поєднанням урожайності зеленої маси – 13,6 т/га з масою однієї розетки листків 48,4 г, довжиною листка 10,0 см, шириною листка 5,2 см, період до збиральної стиглості 31 доба, період господарської придатності 14 діб, діаметром кошика 4,0 см, висотою насінневої рослини 108,2 см, дегустаційною оцінкою 5 б, стійкістю до борошнистої роси - 9 б., посухостійкістю 7 б., холодостійкістю 9 б., стійкістю до вилягання насінників 7 б.

Лінія Розкішна вирізняється поєднанням урожайності зеленої маси – 15,8 т/га з масою однієї розетки листків 55,5 г, довжиною листка 8,0 см, шириною листка 4,0 см, період до збиральної стиглості 28 діб, період господарської придатності 14 діб, діаметром кошика 5,0 см, висотою насінневої рослини 108,2 см, дегустаційною оцінкою 5 б, стійкістю до борошнистої роси - 9 б., посухостійкістю 7 б., холодостійкістю 9 б., стійкістю до вилягання насінників 7 б.

Створені лінії рекомендовані для використання в селекційних дослідженнях.

На Дослідній станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН з метою збагачення асортименту овочевої продукції проведена селекційна робота зі створення конкурентоспроможного сорту малопоширеної овочевої рослини хризантеми увінчаної. Створений високопродуктивний сорт Успіх, придатний для механізованих технологій вирощування та конкурентоспроможний на вітчизняному ринку. Створення новітнього асортименту цього виду сприятиме поширенню культури в Україні. З метою збагачення вітчизняного генофонду в установі створені і передані до НЦГРУ 2 лінії хризантеми увінчаної овочевого напрямку використання – Альтернатива та Розкішна.

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. Позняк О.В., Кондратенко С.І. Асортимент нетрадиційної овочевої продукції в Україні: селекційний аспект вирішення проблеми збагачення та імпортозаміщення // *Хімія, біотехнологія, екологія та освіта: Збірник матеріалів IX Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 15-16 травня 2025 року)*. – Полтава, 2025. – С. 243-247.
3. Дидів О. Й., Дидів І. В., Дидів А. І. Хризантема – квітка та овоч: перспективи вирощування. Особливості адаптивної селекції і насінництва баштанних культур в умовах Південного степу України: матеріали Всеукраїнської заочної наукової конференції, присвяченої 50-річчю від дня створення Херсонської селекційної дослідної станції баштанництва (08 жовтня 2020 р., м. Гола Пристань, Херсонська область, Україна). Гола Пристань: 2020. С. 57-58.
4. 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. DOI <https://doi.org/10.33989/2022.8.1.275393>.
5. Позняк О.В., Кондратенко С.І. Лопух

справжній (Arctium lappa L.) та хризантема увінчана (Chrysanthemum coronarium L.) як овочеві культури в Україні: селекційний напрям досліджень // Біорізноманіття у контексті сталого розвитку: теорія, практика, методичні аспекти вивчення у закладах науки та освіти (присвячена 65-річчю заснування дендропарку загальнодержавного значення «Криворудський») : мат-ли всеукр. наук.-практ. конф. (6 червня 2025 р., с. Крива Руда, Семенівський р-н, Полтавська обл). Полтава : Астроя, 2025. 251 с. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15533270>. С. 158-164. 6. Сучасні методи селекції овочевих і багаторічних культур / За ред. Т.К. Горової і К.І. Яковенка. Харків, 2001. 644 с. 7. Методика проведення експертизи сортів рослин групи лікарських та ефіроолійних на відмінність, однорідність і стабільність. [Електронний ресурс].- Режим доступу: https://sops.gov.ua/uploads/page/Meth_DUS/Method_meds2020.pdf. С. 747-755. 8. Позняк О.В., Пальонко О.В., Кондратенко С.І. Новий сорт хризантеми увінчаної української селекції // Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 30-річчю членства України в Міжнародному союзі з охорони нових сортів рослин (UPOV) (3 листопада 2025 р., м. Київ) / М-во економіки, довкілля та сільського господарства України, Укр. ін-т експертизи сортів рослин. 2025. С. 41-42.

ВИПРОБУВАННЯ СУЧАСНИХ СОРТІВ СОЇ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ: ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ

Білявська Л.Г., Білявський Ю.В., Мудряк М.О. (м. Полтава)

Соя – цінна стратегічна та продовольча культура у світі та Україні. Її потенціал досить великий. Можливості для різноманітного використання – ще більше. Але, виробництво її має свої особливості. На культуру негативний вплив оказують ґрунтові, кліматичні умови та антропогенний фактор. Полтавська область, протягом всього періоду з вирощування сої в Україні залишається самим перспективним регіоном (максимальні посівні площі, високі врожаї, відмінна якість насіння). Але, останнім часом, зміни погодних умов у бік потепління, створюють певні ризики, які знижують ефективність культивування культури. Проте, аналіз даних регіонального випробування нових сортів показує індивідуальні особливості та розкриває потенціал їх врожайності. Це вказує на шляхи вдосконалення та модифікації сортів й технологічних елементів.

Рішенням до виходу з складних ситуацій є вивчення характеристик та властивостей сорту в конкретних умовах вирощування. Їх добір допоможе у

господарства підвищити рівень виробництва сої та отримати високоякісний посівний матеріал. Виробники сої завжди бажають вирощувати нові та перспективні сорти з великим потенціалом врожайності та якості насіння [1-2].

Так, для виробників сої вирішальне значення мають виробниче та екологічне випробування генотипів. Огляд та аналіз даних демополігонів, на пряму пов'язані з впливом погодних умов й реакція рослин на їх стресові чинники. У сприятливому середовищі сорти можуть показати врожай 4,5–6,0 т/га. В стресових, – зниження цього показника до рівня 1,5–2,2 т/га. Це пояснюється сортовими особливостями та якісними властивостями [3]. Проявляються як позитивні, так й негативні сортові властивості. Вплив чинників може складати близько 45–55%. Навіть, якщо інші фактори, мають оптимальні параметри.

Мета досліджень – провести аналіз врожайності та якості насіння сортів різного походження у виробничих умовах. Так, щороку в умовах виробництва у Лісостепу України закладають демонстраційні полігони, де висівають від 30 до 80 сортів. Таких локацій може бути 3-5 шт. Так, у лівобережному Лісостепу, якісно закладають такі ділянки у ФГ «Грига» Полтавського району. Об'єктами дослідження використовують сорти сої різного походження, різних селекцентрів. Найбільшу частку складають зарубіжний сортимент генотипів сої. Іноземні сорти представлені компаніями FARMSAAT (Австрія), RAJT (Франція), APSOV (Італія) та ін. Українську селекцію представляють Інститут землеробства НААН України, СГІ НААН України та на постійної основі – сучасні сорти ФГ «Грига» + ПДАУ МОН України.

Попередник – озима пшениця. Площа посіву для кожного сорту становила 0,01 га. Ширина ділянки – 2 м. Посів проводили в першій декаді травня. Сівалка – «Клен». Густота посіву – залежно від маси 1000 шт. насінин або рекомендованої нормою витрати насіння зарубіжної селекції. Відстань між рядками – 45 см. Для боротьби з бур'янами на соєвих культурах

використовували гербіцид «Базагран» (2,0 л/га). Усі обліки та спостереження проводили за стандартними методами.

Дослідження проводили у посушливі 2024–2025 роки. За середнім довгостроковим гідротермальним коефіцієнтом (ГТК), цей показник склав у 2024 році – 0,8, у 2025 р. – лише 0,7. Більш небезпечною була комбінована посуха (2025 р.), коли нестача води в ґрунті збігається з впливом сухого гарячого повітря та ризькими перепадами нічних та денних температур. Під час цього, відбувається порушення функціонування систем життєзабезпечення рослини (затримка розвитку рослин).

Результати були наступні. Врожайність від 3,5–4,5 т/га показали: Saatbau-Probsdorfer, сорт Акардія (4,5 т/га), Абака (4,1 т/га); , – Lidea, сорт Конструктор (4,4 т/га); Prograin, сорт Kyoto (4,0 т/га); сорт Asuka (3,8 т/га), сорт Asana (3,7 т/га); сорт Arisa (3,7 т/га); Apsov, сорт ApsSB61 (3,9 т/га); ApsSB70 (3,9 т/га); ApsSB50 (3,7 т/га); ApsSB50 (3,7 т/га); ApsSB63 (3,6 т/га); Фріне (3,6 т/га); DSV, сорт Вінзор (3,7 т/га); NordicSeed, сорт NordicSeed32 (3,7 т/га); RAGT, сорт Сальса (3,6 т/га), сорт Сірелія (3,6 т/га).

Підвищений вміст білку відмічено у наступних сортів: сорт Kyoto (43,4%), сорт ApsSB61 (42,4%), ApsSB70 (42,1%), сорт Asuka (42,4%), сорт Asana (42,3%), сорт Вінзор (43,8%), сорт Arisa (43,2%), ApsSB63 (41,4%), сорт Сальса (42,3%), сорт Сірелія (41,6%). Також, 42-43% білку було у сорту Паула, Сфінкса, Моцарт, Агебра, Сателія, Суза.

Самий високий вміст білку показали сорти Azure- 44,3%, Liska – 46,5%, Lenka – 44,8%, Hana – 46%, Zelda – 45,8%, Alaska – 47%.

Максимальна кількість жиру була у сортів (більшу 23%): сорт NordicSeed32 (23,3%); сорт Еверест (23,5%); сорт Амбелла (23,8%).

Так, якісний потенціал, закладений в зарубіжні сорти – достатньо високий. Але, як показує практичний багаторічний досвід науковців-селекціонерів, такий рівень показників різко знижується у посліуючі роки їх

висіву. В подальшому, наступні категорії насіння цих сортів, що вирощені на теренах нашої країни, вже ніколи не показують результати цього рівня. Навпаки, українські нові сорти більш стабільні та показують наступні результати:

Вміст білку по сортах: «Агат» – 38%, «Артеміда» – 36%, «Александрит» – 40%, «Алмаз» -40%, «Антрацит» – 40%, «Аметист» – 38%, «Васільківська» – 41%, «Авантюрин»– 39%, «Аквамарин» – 41%, «Анніт»- 39%, «Моріон»- 42%, «Цитрин» – 42%, «Сердолік» – 41, «Зміна» – 40%, «Королева» – 40%, «Славна» – 40%.

Вміст жиру по сортах: «Агат» – 20%, «Артеміда» – 18%, «Александрит» – 20%, «Алмаз» -23%, «Антрацит» – 23%, «Аметист» – 21%, «Васільківська» – 21%, «Авантюрин»– 22%, «Аквамарин» – 21%, «Анніт»- 21%, «Моріон»- 21%, «Цитрин» – 21%, «Сердолік» – 21%, «Зміна» – 20%, «Королева» – 21%, «Славна» – 20%.

Таким чином, виробничникам сої слід звертати увагу і щорічно аналізувати результати демонстраційних ділянок. Рекомендуємо для Полтавській області (Лісостепова зона України) наступні сорти:

- за високою врожайністю: сорт Акардія, Абака, Конструктор, Kyoto, Asuka, Asana, Arisa, ApsSB61, ApsSB70, ApsSB50, ApsSB50, ApsSB63, Фріне, Вінзор, NordicSeed32, Сальса, Сірелія, Анніт.

- за вмістом білку: Kyoto, ApsSB61, ApsSB70, Asuka, Asana, Вінзор, Arisa, ApsSB63, Сальса, Сірелія, Паула, Сфінкса, Моцарт, Агебра, Сателія, Суза, Azure, Liska, Lenka, Hana, Zelda, Alaska, Моріон, Цитрин, Сердолік.

- за вмістом жиру (більше 23%): сорт NordicSeed32, сорт Еверест, сорт Амбелла, Алмаз, Антрацит, Аметист, Васільківська, Авантюрин.

Таким чином, використання рекомендованих сортів дозволить підвищити ефективність господарства, отримати високо якісну продукцію для переробки

насіння та отримання цінного насіння для використання у різних галузях сільського господарства.

Список використаних джерел:

1. Рябуха С.С., Чернишенко П.В., Сєрікова Л.Г., Святченко С.І. Особливості формування біохімічного складу насіння сучасних сортів сої. Селекція і насінництво. 2018. Вип. 114. С. 71–78. doi.org/10.30835/2413-7510.2018.152139. 2. Рябуха С.С., Чернишенко П.В., Святченко С.І., Садовой О.О., Тесля Т.О. Вплив гідротермічних чинників довкілля на врожайність та біохімічний склад насіння сої. Селекція і насінництво. 2019. Вип. 115. С. 93–102. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2019.172785>. 3. Білявська Л.Г., Білявський Ю.В. Якість насіння сої української селекції та її особливості. Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 28 березня 2024 р.). Біла Церква: БНАУ, 2024. С. 10–13.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗВОДНОГО АМІАКУ ШЛЯХОМ
ЗАСТОСУВАННЯ ІНГІБІТОРІВ НІТРИФІКАЦІЇ N-Serve™ ТА
Centuro™**

Маренич М.М. (м. Полтава)

Одним із пріоритетних напрямів інтенсифікації сучасного рослинництва є оптимізація азотного живлення рослин, оскільки саме азот найчастіше виступає лімітуючим елементом у формуванні високого рівня врожайності сільськогосподарських культур. У 1990-х роках безводний аміак широко використовувався як висококонцентроване азотне добриво для підвищення родючості ґрунтів, урожайності культур та покращення якості рослинницької продукції. Однак упродовж 2000-х років його застосування в Україні суттєво скоротилося, незважаючи на стабільно високий рівень використання цього добрива у світовому сільському господарстві. На сучасному етапі безводний аміак вважається важливою складовою інтенсивних та високорентабельних технологій землеробства. Разом із численними перевагами його використання супроводжується певними технологічними та екологічними труднощами, що обмежують поширення даного виду добрив у ряді країн. Водночас багаторічний досвід застосування безводного аміаку у Сполучені Штати Америки та Канада

підтверджує його високу агрономічну ефективність і практично однаковий вплив на врожайність культур порівняно з гранульованими азотними добривами. За сучасними даними, у Сполучені Штати Америки близько 32 % азотних добрив вноситься саме у формі безводного аміаку [1]. В Україні останніми роками також спостерігається зростання інтересу до технологій внесення безводного аміаку із застосуванням інгібіторів нітрифікації. Зокрема, Koch Agronomic Services впроваджує відповідні технологічні рішення на полях Сигнет-Центр у Житомирській області. У зв'язку з цим актуальними є дослідження, спрямовані на удосконалення технологій внесення безводного аміаку, оптимізацію технічних засобів його застосування під різні культури та обґрунтування доцільності використання інгібіторів нітрифікації. Метою даної роботи є узагальнення науково-методичних підходів щодо ефективності застосування безводного аміаку та обґрунтування рекомендацій з використання інгібіторів нітрифікації.

Безводний аміак (NH_3) є одним із найбільш концентрованих безбаластних азотних добрив і містить близько 82 % азоту. Його отримують шляхом скраплення газоподібного аміаку під високим тиском. За фізичними властивостями це безбарвна рідина з різким характерним запахом, яка належить до небезпечних хімічних речовин, що застосовуються у сільському господарстві [2]. Важливою агрономічною перевагою безводного аміаку порівняно з гранульованими формами азотних добрив є особливості його поширення у ґрунтовому середовищі. Міграція азоту з гранульованих добрив значною мірою залежить від вологості, щільності та інших властивостей ґрунту й переважно відбувається у вертикальному напрямку. Натомість безводний аміак після внесення в ґрунт за атмосферного тиску переходить у газоподібний стан і здатний дифундувати в різних напрямках на більшу відстань. Це забезпечує більш рівномірний розподіл азоту в орному шарі ґрунту, сприяє

підвищенню коефіцієнта використання азоту рослинами та покращує ефективність азотного живлення культур.

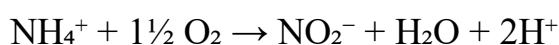
Застосування зрідженого безводного аміаку має низку суттєвих технологічних переваг. Зокрема, воно забезпечує повну механізацію процесів транспортування, заправки та внесення добрива в ґрунт, що підвищує продуктивність агротехнологічних операцій і зменшує трудомісткість виробничих процесів. Крім того, така форма азотного добрива сприяє більш рівномірному розподілу азоту в горизонтальному профілі ґрунту, що позитивно впливає на його доступність для рослин. В Україні виробництво безводного аміаку здійснюється на низці великих хімічних підприємств, серед яких Одеський припортовий завод, Черкаси Азот, Рівне Азот, Сєвєродонецьке об'єднання Азот та Дніпро Азот. Діяльність цих підприємств формує промислову базу виробництва азотних добрив і забезпечує аграрний сектор необхідними обсягами аміачної продукції.

Одним із ефективних напрямів підвищення результативності азотних добрив, що містять азот в аміачній, амонійній та амідній формах, є застосування інгібіторів нітрифікації. Їх дія ґрунтується на пригніченні активності бактерій роду *Nitrosomonas*, які беруть участь у процесі нітрифікації — біологічному перетворенні амонійної форми азоту (NH_4^+) у нітратну (NO_3^-). Тимчасове гальмування цього процесу при сумісному внесенні інгібіторів із азотними добривами дозволяє зменшити непродуктивні втрати азоту внаслідок денітрифікації та вимивання нітратів на 20–30 %. Крім того, знижується ризик надмірного накопичення нітратів у рослинницькій продукції, що має важливе значення для її якості та безпечності. Використання інгібіторів нітрифікації також дає змогу оптимізувати систему удобрення шляхом зменшення доз азотних добрив на 20–30 %, скорочення кількості підживлень і можливості перенесення частини внесення на осінній період без зниження рівня

врожайності. У комплексі це забезпечує як економічні, так і організаційно-технологічні переваги у виробництві сільськогосподарської продукції.

Для підвищення ефективності використання азоту розроблено низку препаратів, які сповільнюють процес трансформації азотних сполук у ґрунті, завдяки чому період доступності азоту для рослин наближається до фаз максимального його споживання культурами. Умовно такі засоби поділяють на три основні групи: інгібітори нітрифікації, інгібітори уреаз та препарати з контрольованим (повільним) вивільненням азоту. Інгібітори нітрифікації спрямовані на уповільнення процесу окиснення іона амонію (NH_4^+) до нітрат-іона (NO_3^-). Нітрифікація є мікробіологічним процесом, який зазвичай відбувається у два послідовні етапи. На першому етапі під дією аеробних бактерій роду *Nitrosomonas* амоній окиснюється до нітриту:

Крок 1 (*Nitrosomonas* sp.):



На другому етапі нітрит (NO_2^-) окиснюється до нітрату (NO_3^-) за участю аеробних бактерій роду *Nitrobacter*:

Крок 2 (*Nitrobacter* sp.):



Процес нітрифікації відбувається за температур вище 0°C , при цьому його максимальна інтенсивність спостерігається приблизно за 24°C . Це аеробний процес, тому в умовах перезволожений (анаеробних) ґрунтів він істотно пригнічується, тоді як у добре аерованих, помірно вологих ґрунтах за показників рН у межах 6,5–8,0 нітрифікація, навпаки, протікає найбільш активно. З огляду на особливості цього процесу, інгібітори нітрифікації повинні мати селективну дію, спрямовану переважно на перший етап перетворення амонійного азоту. Це є важливим, оскільки пригнічення другого етапу може призвести до накопичення токсичного для рослин нітриту (NO_2^-), що негативно впливає на фізіологічні процеси в рослинах. Таким чином, контроль

нітрифікації зазвичай здійснюється шляхом блокування специфічних ферментних систем бактерій, які беруть участь у першій стадії окиснення амонію, що дозволяє ефективно регулювати трансформацію азоту в ґрунті та підвищувати його доступність для рослин без ризику утворення токсичних проміжних сполук.

До основних інгібіторів нітрифікації належать нітрапірин (nitrpyrin), диціандіамід (DCD), 3,4-диметилпіразолфосфат (DMPP), 3-метилпіразол (3-MP, або КМП у пострадянській літературі), а також 1Н-1,2,4-тріазол. Серед них нітрапірин є одним із найвідоміших і найбільш досліджених сполук, що застосовуються у практиці регулювання нітрифікаційних процесів у ґрунті.

У даній роботі розглядаються два сучасні інгібітори азоту - N-Serve™ компанії Corteva Agriscience та Centuro™ компанії Koch Agronomic Services (Рис. 1), які представляють інноваційні підходи до стабілізації азотного живлення рослин і підвищення ефективності використання безводного аміаку.

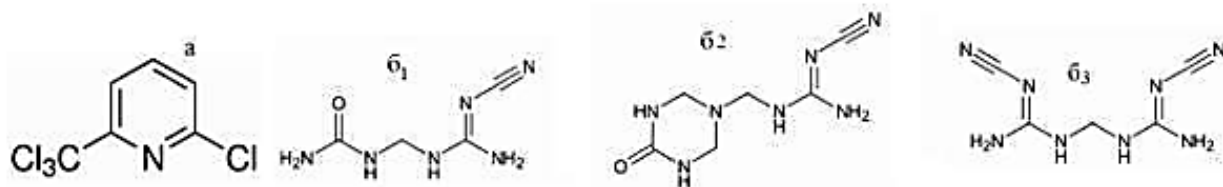


Рис. 1. Структурні формули інгібіторів: *a* – N-Serve™, *b1-b3* – суміш Centuro™

Розглянемо механізми дії кожного з препаратів, а також особливості їх обігу, стабільності та умов зберігання. Нітрапірин, що входить до складу N-Serve® (2-хлор-6-[трихлорметил]піридин; 2-chloro-6-(trichloromethyl)pyridine; 2,2,2,6-тетрахлор-2-піколін), відомий як один із найперших комерційних інгібіторів нітрифікації, який почав широко вивчатися та застосовуватися ще з кінця 1960-х років.

Встановлено, що ефективність пригнічення нітрифікації значною мірою залежить від швидкості розкладання нітрапірину в ґрунті та співвідношення між його дозою і кількістю внесеного безводного аміаку. Через відносно високу

леткість нітрапірину препарат N-Serve® (Corteva Agriscience) переважно призначений для сумісного внесення з безводним аміаком шляхом інжекції в ґрунт, а не для поверхневого застосування. Дослідження, проведені в штаті Іллінойс у середині 1970-х років, показали, що внесення нітрапірину разом із безводним аміаком або сечовиною істотно знижує швидкість нітрифікації в ґрунті. На основі численних експериментальних даних встановлено, що механізм дії нітрапірину пов'язаний із пригніченням активності бактерій роду *Nitrosomonas* [3]. Багаторазово доведено, що нітрапірин діє на ґрунтові нітрифікуючі бактерії як інгібітор їх метаболічної активності, зменшуючи швидкість окиснення амонію. У теплих ґрунтових умовах його ефективність зазвичай зберігається протягом 6–8 тижнів, тоді як у прохолодніших ґрунтах період дії може бути тривалішим. Первинно нітрапірин з'явився на ринку у 1970-х роках, а згодом був удосконалений у формі мікрокапсульованого водного препарату (Instinct®), що розроблений для використання з рідкими азотними добривами.

N-Serve™ є інгібітором нітрифікації з вираженою бактерицидною дією, який спрямований на знищення бактерій роду *Nitrosomonas*. Натомість Centuro™ характеризується бактеріостатичним механізмом дії, що полягає у пригніченні синтезу ферменту аміачної монооксигенази, який є ключовим для першого етапу перетворення іона амонію в нітратну форму. Результати незалежних досліджень, а також дані Koch Agronomic Services свідчать, що обидва продукти демонструють порівнянну ефективність у пригніченні процесів нітрифікації [4]. Активною речовиною Centuro™ є пронітридин (Pronitridine) — продукт реакції, що являє собою суміш олігомерів N-ціаногуанідину. Структурно активний інгредієнт може бути представлений трьома основними класами сполук: аддукти тріазоніл–N-ціаногуанідину, аддукти сечовина–N-ціаногуанідину та олігомерні аддукти N-ціаногуанідину.

Кожен із цих класів може становити до 10 % загального складу, при цьому сумарна концентрація активної речовини не перевищує 19 %.

Таким чином, застосування інгібіторів нітрифікації забезпечує не лише агрономічні переваги, пов'язані з підвищенням ефективності використання азоту та пролонгованою дією добрив, але й важливі екологічні ефекти, зокрема зменшення втрат азоту в атмосферу та зниження забруднення поверхневих і ґрунтових вод.

Список використаних джерел:

1. Schroder J.L., Zhang H., Girma K. et al. (2011). *Soil acidification from long-term use of nitrogen fertilizers on winter wheat. Soil Sci. Soc. Am. J.*, 75(3), 957–964. 2. Яструб Т.О., Кірсенко В.В., Коваленко В.Ф. (2012) Токсиколого-гігієнічне обґрунтування безпечності застосування аміаку безводного зрідженого в сільському господарстві з використанням автоматизованого комплексу BLU-JET LAND RUNNER II. *Український журнал з проблем медицини праці* (3(31)). С. 59-65. 3. Hendrickson L.L., Walsh L.M., and Keeney D.R. (1978). *Effectiveness of nitrapyrin in controlling nitrification of fall and spring-applied anhydrous ammonia. Agron. J.* 70:704–708. 4. Singh G., Nelson K.A. (2019). *Pronitridine and nitrapyrin with anhydrous ammonia for corn. J. Agric. Sci.* 2019. 11(4). P.13–24.

ВИДОВИЙ СКЛАД БУР'ЯНІВ У ДОСЛІДІ «БЕЗЗМІННЕ ОЗИМЕ ЖИТО»

Білявська Л.Г., Білявський Ю.В. (м. Полтава)

На сьогодні, ми все частіше зустрічаємо на практиці використання посівів «соя по сої», «кукурудза по кукурудзі». Таки посіви, у період воєнних дій, використовують все частіше. Актуальність їх вимушена. Але, яскравим прикладом погіршення фітосанітарного стану таких ділянок є історичні беззмінні посіви. Такий експеримент закладено у 1884 році з озимим житом. Це один із перших довготривалих дослідів в Україні. Цю ділянку відносять до переліку довгострокових дослідів у світі. Ведуться вони з середини ХІХ ст. [1-2]. В Україні, їх також багато. Так, у 2024 р., «найстарішому досліді з «беззмінного озимого жита» виконалося 140 років. Ці дослідження з тривалості входять до п'яти світових (Ротамстед (Rothamsted, Англія), Гриньон

(Grignon, Франція), Ілінойс (Illinois, США), Галле (Halle, Німеччина), Полтава (Poltava, Україна). Цінну інформацію та базу даних з них використовують в багатьох галузях сільського господарства (вивчають закономірності між багатьма факторами у просторі та часі). Польовий дослід у агрономії, - є головним. За рахунок цього метода є можливість відновити теоретичні та практичні результати. Частіше, такі дослідження ведуть з метою визначення впливу різних природних і антропогенний факторів на урожайність, якість насіння, родючість ґрунту, склад бур'янів та наслідки стресових чинників. Ці досліді досить страждають від різноманіття бур'янів, особливо коли у досліді заборонено проводити будь-яку боротьбу з ними (полтавський експеримент). Запаси насіння бур'янів в ґрунтах постійно змінюються. Їх кількість залежать від типу ґрунту та рентабельності господарства. Потенційна засміченість орного шару ґрунту в сівозміні (0-20 см) – 1,7 млрд. шт./га. Насіння бур'янів гарно зберігаються у ґрунті. Вони накопичується тривалий час. Здатна проростати – лише частина (в середньому, для усіх видів, складає 8,2%). Комплекс факторів впливають на проростання насіння бур'янів (погода, тип ґрунту, його характеристика та механічний склад, глибина орного шару [4]. За даними гербологів, за вегетаційний період, можуть проростати 2335 шт./м² насінин. Аналіз структури запасів насіння бур'янів (в умовах Лісостепу) показав, що види лободових складають 51,8%, види щириці – 16,5%. Кількість злакових, гречкових, капустяних, айстрових та інших бур'янів – в середньому у межах 4,8–8,8%. Фітосанітарний стан у довгостроковому досліді показав високу засміченість облікової ділянки [5].

Метою даної праці є визначення впливу тривалої дії антропогенного фактора та кількості бур'янів на урожайність озимого жита, зміни родючості ґрунту, його властивості.

Дослід закладено площі 0,4 га (м. Полтава, Дослідна станція ім. М.І. Вавилова). Ґрунт – сірий-лісовий важкосуглінистий. Вміст гумусу – 2,4%, рН

– 4,7. Азоту (по Корифільду) – 9,3 мг; рухомого фосфору (по Чирикову) – 11,8 мг; обмінного калію – 16,4 мг на 100 г ґрунту. Головні макроеlementи – на стабільному рівні. Вміст гумусу за період спостережень – постійно змінюється.

Головна відмінність досліду – беззмінна агротехніка вирощування культури, відсутність застосування (за весь час) будь яких добрив, пестицидів (протруйників зерна, біопрепаратів, стимуляторів росту та ін.), що можуть вплинути на урожайність культури. Так, у досліді, за весь період, вирощували лише 10 сортів. Їх середній врожай зерна, за 140 років спостережень, склав 1,10 т/га. Максимальний врожай отримано сортом Пробштейнське (1887 р. – 2,38 т/га). Мінімальний – сорти Петкуская – 0,15 т/га та Хамарка – 0,16 т/га.

Одним з важливих чинників монокультури багатьох польових культур є засміченість ділянки бур'янами. Зниження продуктивності рослин – 20%. Особливістю бур'янів є рівень їх конкурентоспроможності та шкідливості [3]. Аналіз практичних даних показав, що використання польових культур в монокультурі сприяє збільшенню кількості бур'янів. Жита озимого - у 1,5-2 рази, ячменю - у 1,5-10 разів. Так, вченими-гербологами підраховано, що в агроценозах України поширено 944 види сегетальної фітобіоти. Різноманітність у Полтавській області – представлена 586 видами.

Жито озиме важко витримує посуху чи морозну зиму, особливо – за зріженого посіву. На рослинах з'являлися хвороби (кореневі гнилі, збудники багатьох плямистостей та інших грибкових захворювань). Так, за даними багаторічних досліджень, засміченість полтавської облікової ділянки змінювалася по роках. В той же час, комплекс домінуючих бур'янів за останні роки змінився мало.

Підрахунок бур'янів (на 1 м²) показав збільшення їх чисельності: з 65-198 шт. у 2002-2004 рр. до 364-580 у 2005-2017 рр. Так, за 2005 рік забур'яненість складала 14,3%, за 2016 р. – 32,3%, 2024 р. – 36,7%. Наприклад, у 1982 році на 1 м² було у середньому 456 шт. бур'янів. Максимально, 99 шт. – польова фіалка,

83 – васильок синій. На сьогодні, чисельність бур'янів залишається високою – в середньому 540-590 шт./м². Їх кількість зменшується в 2,2 рази, під кінець вегетації. У структурі сегетального компоненту, переважають одно- і дворічні види (10-15). Ї лише, 3-5 видів – багаторічні.

Співробітниками зроблено висновок про збагачення ґрунту органічними речовинами, яке відбувається за рахунок диких (бур'яни) бобових культур [6]. Вони постійно присутні на ділянці.

Будь яке порушення ґрунтового шару (оранка, культивування, дискування) провокує проростання насіння. Оброблений ґрунт – тепліше. Механічна обробка ґрунту та інші типи обробки ґрунту – стимулюють розпад органічної речовини і нітрифікації амонію. За підвищення концентрації нітрату збільшують проростання окремих видів – марь біла, подорожник ланцетний та ін.). Також, газообмін сприяє проростання багатьох інших видів бур'янів. Одночасна комплексна дія цих факторів може призвести до їх синергізму, що також сприяє активному їх проростання.

В умовах дослідів «Беззмінне озиме жито», як у природному «гербарії», створився свій стабільний та специфічний фітоценоз (сокирки звичайні, рутка дзьобата, рутка Шлейхера, піщанка уральська, меландріум білий, стелюшок польовий, мокрець, лобода гібридна, кудрявець Софії, сухоребрик Лезеліїв, талабан польовий, фалопія березкова, спориш звичайний, фіалка польова, чина бульбиста, горошок брудний, підмаренник чіпкий, горобейник лікарський, незабудка польова, берізка польова, волошка синя, осот рожевий, трюхреберник непахучий). Нами відмічено ріст окремих видів у окремих місцях ділянки. Серед домінуючих видів бур'янів значно зросла кількість ромашки непахучої (*Matricaria perforata* Merat.) – з 16,3 до 30,8 шт/м², талабану польового (*Thlaspi arvense* L.) – з 9,9 до 17,48 шт/м², фіалки польової (*Viola arvensis* Murr.) – з 12,1 до 20,6 шт/м². Інші бур'яни знаходяться на рівні 8,0–10,9 шт/м². Видовий склад бур'янів у беззмінному посіві озимого жита є значно

ширшим, ніж у сівозміні. Але в обох випадках, найбільшого поширення мали одні й теж види. Це максимально адаптовані бур'яни до змін чинників навколишнього середовища [7-8].

Довготривалість таких дослідів дозволяє зробити об'єктивні висновки, позитивні процеси між ґрунтом та рослиною, взаємовідносини культурних і диких рослин.

Список використаних джерел:

1. Білявський Ю. В., Глуценко Л. Д., Чекрізов І. О., Гангу В. В., Гриб М. І., Опара М. М., та ін. Беззмінному житю – 120 років. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2006. № 2. С. 49–52.
2. Опара М. М., Глуценко Л. Д., Гриб М. І., Амнілогова М. М. Безмінне жито – один з унікальних дослідів світового землеробства. Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту. 1999. № 4. С. 41–43.
3. Internationalen Symposium vom 3. bis 5. Juni 1999 in Halle/Saale Kurzfassung der Beitrage. UFZ-Bericht. 1999. № 24. S. 322.
4. Storkey, J., Mead, A., Addy, J. and Macdonald, A. J. 2021. Agricultural intensification and climate change have increased the threat from weeds. *Global Change Biology*. pp. 1–10. <https://doi.org/10.1111/gcb.15585>
5. Бомба М. Я., Бомба М. І., Періз Г. Т. та ін. Бур'яни та контролювання їх чисельності в агроценозах. *Агроном*. 2009. №3(25). С.38–40.
6. Іванюк В., Томашівський З., Волинець О. Беззмінним посівам у Дублянах - перше півстоліття. Теоретичні основи і практичні аспекти використання ресурсоощадних технологій для підвищення ефективності агропромислового виробництва і розвитку сільських територій: матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму. Львів, 2013. С. 81–87.
7. Макух Я. П. Потенційна засміченість ґрунту - реальна загроза посівам. Матеріали 4-ої науково-теоретичної конференції Українського наукового товариства гербологів «Проблеми бур'янів і шляхи зниження забур'янення орних земель». К.: Колобіг, 2004. С. 151–155.
8. Манько Ю. П. Проблема потенційної забур'яненості ріллі та напрями її вирішення в землеробстві. Матеріали науково-теоретичної конференції Українського наукового товариства гербологів «Особливості забур'янення посівів і захист від бур'янів у сучасних умовах». К.: Колобіг, 2000. С. 18–21.

**ВИДОСПЕЦИФІЧНА ЧУТЛИВІСТЬ ВИБРАНИХ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ДО ВПЛИВУ ВТОРИННИХ
МЕТАБОЛІТІВ ЕКСТРАКТУ *ALOE VERA***

Галушко І.А., Ромашко Т.П. (м. Полтава)

У сучасному рослинництві пошук екологічно безпечних біостимуляторів стає пріоритетним завданням, оскільки вони дозволяють знизити пестицидне навантаження та підвищити адаптивний потенціал культурних рослин. Особливе місце серед природних джерел біологічно активних сполук посідає

Aloe vera. Хімічний склад цієї рослини включає понад 200 активних компонентів, серед яких ключову роль відіграють специфічні полісахариди зокрема ацеманнан, антрахінони (алоїн, алое-емодин) та широкий спектр фенольних сполук [1]. Саме ці вторинні метаболіти визначають високу антиоксидантну та модулюючу активність екстрактів, проте їхній вплив на рослини-реципієнти часто має видоспецифічний характер [2].

Перелічені властивості *Aloe vera* зацікавили авторів, внаслідок чого було проведено експерименти з визначення впливу екстракту презентованої рослини на культури. Так, у випадку застосування витяжки на солодкому перці при невеликих концентраціях було помічено легке пришвидшення росту паростків, коли при підвищеннях доз було зафіксовано пригнічення розвитку [3]. Відповідно до інших досліджень, розчин з алое значно покращив продуктивність та ростові показники шавлії блискучої [4]. Окрім вище переліченого, було проведено тестування на зернах пшениці, внаслідок чого спостерігалось, що невеликі концентрації *Aloe vera* позитивно впливають на ріст паростків [5, 6].

Основаючись на існуючих даних, нами було вирішено провести дослід з використанням описаного екстракту. У ході роботи ми досліджували дію соку алое, щоб виявити наявність чи відсутності різниці у його впливі на різні сільськогосподарські культури. Для проведення експерименту було використано водні екстракти у концентраціях 5% та 20%. Дослід виконували *in vitro* в попередньо стерилізованих чашках Петрі, в кожен ємність вкладали по 25 стерилізованих насінин відповідної культури. Випробування проводили у триразовій повторності для кожного варіанту, а як контроль використовували дистильовану воду. Об'єктами дослідження виступили м'яка пшениця *Triticum aestivum* та соняшник *Helianthus annuus*.

Результати аналізу продемонстрували доволі різну реакцію обраних культур на ідентичні концентрації екстракту. Пшениця виявила високу

толерантність та позитивну стимуляцію за умови обробки 5% свіжим екстрактом. Так, довжина корінців проростків в середньому сягала $12,17 \pm 0,75$ см, що майже вдвічі перевищувало показники контрольної групи ($6,93 \pm 0,80$ см), а довжина пагонів становила $13,09 \pm 1,43$ см при контролі $10,72 \pm 1,56$ см. Волога та суха маси для цього варіанту становили $4,173 \pm 0,273$ г та $0,737 \pm 0,033$ г відповідно (контроль - $3,250 \pm 0,214$ г та $0,530 \pm 0,060$ г). При підвищенні ж концентрації до 20% розвиток пшениці в загальному інгібувався. Попри значний ріст надземної частини, що сягає $14,41 \pm 0,40$ см, довжина корінців ($6,59 \pm 0,16$) та волога й суха маси ($2,817 \pm 0,178$ г; $0,350 \pm 0,038$ г) прямо вказують на пригнічення росту культури під дією витяжки.

Така реакція пшениці може бути пов'язана з особливостями анатомії ендосперму та специфікою ферментної системи, яка при стимуляції невеликими концентраціями БАР здатна ефективно утилізувати полісахариди алое як додаткове джерело енергії для росту, тоді як при більших дозуваннях не здатна впоратися з надмірною кількістю сполук, що призводить до фітотоксичного ефекту попри візуальне збільшення довжини пагона, що, ймовірно, відбувається на фоні загального виснаження ресурсів [7].

Соняшник, в свою чергу, виявився критично чутливим до алелопатичного впливу вторинних метаболітів алое. Навіть при низькій концентрації 5% фіксувалося гальмування ростових процесів, що підтверджує фітотоксичність екстракту для даного виду вже на початкових етапах: довжина корінців та пагонів становили $1,14 \pm 0,07$ см та $3,22 \pm 0,16$ см, волога та суха маси - $6,093 \pm 0,107$ г, $0,950 \pm 0,046$ г (контроль - $3,41 \pm 0,27$ см, $6,41 \pm 0,31$ см, $10,34 \pm 0,490$ г та $1,167 \pm 0,079$ г відповідно). При дії 20% екстракту депресія росту стала максимально вираженою: довжина пагонів ($1,63 \pm 0,38$ см) була в середньому у 2,5 раза меншою порівняно з пшеницею за аналогічних умов. Інші морфометричні показники ($0,64 \pm 0,16$ см для корінців; $3,827 \pm 0,381$ г та $0,663 \pm 0,060$ г для відповідних мас) також підтверджували тенденцію.

Така негативна динаміка дводольних рослин часто зумовлена високим вмістом ліпідів у насінні, які під дією фенольних сполук алое швидше вступають у реакції перекисного окиснення, що призводить до порушення цілісності клітинних мембран та пригнічення меристематичної активності [7].

Отже, на основі проведених досліджень можна зробити висновок, що водний екстракт *Aloe vera* проявляє чітко виражену видоспецифічну дію на процеси проростання та раннього росту культур. Використання 5% екстракту сприяє стимуляції ростових процесів у пшениці, тоді як для соняшника навіть за цієї концентрації спостерігається пригнічення розвитку. Підвищення концентрації до 20% призводить до інгібування росту обох культур, однак негативний вплив значно сильніше проявляється у соняшника.

Перспективою наступних випробувань може бути дослідження можливості використання екстракту *Aloe vera* у якості вибіркового гербіцидів з індивідуальним підбором дозування залежно від ботанічної приналежності культури та бур'янів.

Список використаних джерел:

1. Ahmed M., Hussain F. Chemical composition and biochemical activity of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) leaves. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*. 2013. Vol. 3. P. 29–33.
2. Sánchez M., González-Burgos E., Iglesias I., Gómez-Serranillos M. P. Pharmacological update: properties of *Aloe vera* and its major active constituents. *Molecules*. 2020. Vol. 25, No. 6. P. 1324. DOI: 10.3390/molecules25061324.
3. Assunção I. L., Redig M. S. F., Monteiro H. S. A., Brito S. N. S. *Aloe vera* leaf extract enhances germination dynamics and seedling vigor in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Revista de Gestão Social e Ambiental*. 2025. Vol. 19, No 12. P. e014085. DOI: 10.24857/rgsa.v19n12-041.
4. Zeljković S., Parađiković N., Davidović Gidas J., Mladenović E. The effect of water extract of *Aloe vera* (L.) Burm. f. on germination and growth of scarlet sage. *Proceedings of the XI International Scientific Agriculture Symposium "Agrosym 2020"*. 2020. P. 1045–1052.
5. Alipoor M., Mohsenzadeh S., Teixeira da Silva J. A., Niakousari M. Allelopathic potential of *Aloe vera*. *Allelopathy Journal*. 2012. Vol. 29, No 1. P. 1–10.
6. Naby K. *Aloe vera* leaf gel extract as a natural tool for sustainable weed management: effects on germination and early growth. *Journal of Medicinal and Industrial Plant Sciences*. 2024. Vol. 2, No 4. P. 51–59. DOI: 10.32894/MEDIP.24.4.6.
7. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. *Seed Science Research*. 2004. Vol. 14, No 2. P. 93–107. DOI: 10.1079/SSR2004159.

ФІЗІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВІТАМІНІВ ГРУПИ D: СУЧАСНІ ДАНІ

Киричко О.Б. (м. Полтава)

У сучасній ветеринарній та гуманній медицині все більшого значення набувають знання та розкриття фізіологічних механізмів використання вітамінів групи D. Відомо 6 видів вітаміну D, із яких найбільш активно в організмі використовуються вітаміни D₂ (ергокальциферол) та D₃ (колекальциферол), фізіологічна дія яких в організмі інтегрується [1-3].

Кальцифероли беруть участь у регуляції мінерального та енергетичного обмінів, впливають на використання азоту, вуглеводів, кальцію і фосфору. В обміні кальцію та фосфатів забезпечує 3 механізми: їх транспорту крізь епітелій слизової оболонки кишок тонкого відділу, реабсорбції в ниркових канальцях та метаболізації Ca у кістковій тканині [1].

Останні дослідження показують, що окрім регуляції скелетної активності (кісткова, хрящова тканини), вітамін D покращує функцію серцево-судинної системи, запобігає гіпертензії через регуляцією ренін-ангіотензинової системи [2], у репродуктивній функції, клітини їх органів мають високоспецифічні рецепторів до активних метаболітів вітаміну, які забезпечують цю функцію [1]. Підтримує баланс статевих гормонів і допомагає регулювати функцію щитоподібної залози, запобігаючи загальному гормональному дисбалансу. Регулює роботу β-клітин підшлункової залози, що виробляють інсулін, впливаючи на рівень глюкози та знижуючи ризик розвитку інсулінорезистентності та цукрового діабету 2 типу. Завдяки рецепторам вітаміну D у мозку, він може захищати нейрони в центральній нервовій системі, покращує когнітивні здібності та зменшує частоту нейродегенеративних захворювань [4]. Є дані про бактерицидну дію при туберкульозі завдяки гальмівної дії на проліферацію мікробних клітин, активацію макрофагоцитів

при гнійних запаленнях [1], уповільнює аутоімунні процеси і, навіть, деякі види раку через контроль клітинного циклу та апоптозу [5-7].

Тісний зв'язок вітаміну D зі шкірою полягає не тільки у його виробленні. Він там синтезується, метаболізується та діє всередині кератиноцитів.

Синтез вітаміну D ініціюється в шкірі під дією ультрафіолету, перетворюючи провітамін 7-дегідрохолестерин, запускаючи каскад процесів, який зрештою призводить до утворення біологічно активної форми вітаміну D, 1,25-дигідроксивітаміну D. Основний метаболізм вітаміну D₃ здійснюється цитохромами генів CYP27A1, CYP27B1, CYP24A1 та CYP11A1, що відповідають за ряд активних ферментів, та мітохондріях, в яких розташовані стероїдні рецептори. Коактиватор стероїдних рецепторів допомагає в диференціації кератиноцитів, контролю генетичної експресії, пригніченні проліферації, у тому числі ракових клітин, сприяє формуванню бар'єру та антимікробному захисту. Він регулюється дуже складними генами, які є основними учасниками процесу диференціації кератиноцитів, задіяними в регуляції експресії генів [2, 5].

Регулює експресію антимікробних пептидів після вторгнення мікроорганізмів в імунну систему. Вони модулюють запальні цитокіни та інтерферон, запобігаючи виникненню шкірних захворювань, в тому числі алергічних та псоріазу. Працює у тісному контакті з паратгормоном, інтерфероном та фактором некрозу пухлини. Після синтезу 1,25(OH)₂D зв'язується з рецепторами вітаміну D, розташованими у ядрах кератиноцитів та клітин епідермісу, таким чином функціонуючи як гормон [2].

За останні роки, внаслідок змін фізико-хімічних властивостей атмосфери та УФ-спектра під впливом антропогенних чинників, швидкість синтезу вітаміну D₃ в шкірі значно знизилася. Причому це призводить, з одного боку, до ізомеризації провітаміну в біологічно інертні речовини, а з іншого – до

руйнування вже синтезованого вітаміну [1]. Тому рекомендовано постійний контроль за рівнем вітаміну D в організмі.

Розуміння фізіології вітаміну D покращилося, проте оптимізація його застосування та безпека ультрафіолету у сучасних умовах залишаються невирішеними, тому потрібні подальші дослідження.

Список використаних джерел:

1. Біологічна хімія / Л. М. Вороніна, В. Ф. Десенко, Н. М. Мадієвська, В. М. Кравченко, Т. С. Сахарова, Л. Г. Савченко, Н. А. Шоно. Х.: Основа. 2000. 608с.
2. Voiculescu V. M., Twakor N. A., Jerpelea N., Stoian P. A. *Vitamin D: Beyond Traditional Roles – Insights into Its Biochemical Pathways and Physiological Impacts*. *Nutrients*. 2025; Vol. 17(5). P. 1-18.
3. Scagnelli A. *Beyond Metabolic Bone Disease: Exploring the Role of Vitamin D in Exotic Animal Health*. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*. 2026. Vol. 29(1). P. 179-201.
4. Harse J.D., Marriott R.J., Zhu K., Murray K., Bucks R.S. *Vitamin D status and cognitive performance in community-dwelling adults: A dose-response meta-analysis of observational studies*. *Front Neuroendocrinol*. 2023. Vol. 70. P. 101080.
5. Carlberg, C., Velleuer E. *Vitamin D and the risk for cancer: A molecular analysis*. *Biochem. Pharmacol*. 2022. Vol. 196. P. 114735.
6. Fraser D.R. *Vitamin D toxicity related to its physiological and unphysiological supply*. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 2021. Vol. 32. P. 929–940.
7. Janjusevic M., Gagno G., Fluca A.L., Padoan L., Beltrami A.P., Sinagra G., Moretti R., Aleksova A. *The peculiar role of vitamin D in the pathophysiology of cardiovascular and neurodegenerative diseases*. *Life Science*. 2022. Vol. 289. P. 120193.

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ

Котинін Ю.М., Грабовський М. Б., Панченко Т.В., Козак Л.А.

(м. Біла Церква)

Пшениця яра є однією з провідних зернових культур світу, яка має важливе продовольче, кормове та економічне значення. Її зерно характеризується високими хлібопекарськими властивостями, значним вмістом білка та доброю технологічною цінністю. В умовах сучасного аграрного виробництва яра пшениця виступає важливим резервом стабілізації зернового балансу, особливо у випадках несприятливої перезимівлі озимих культур. Водночас ефективність її вирощування значною мірою визначається рівнем адаптації технологічних заходів до ґрунтово-кліматичних умов регіону та біологічних особливостей сорту [1–2].

Одним із ключових чинників одержання високої та стабільної врожайності є надійний захист посівів від шкідливих організмів. Через відносно короткий період вегетації та слабший розвиток кореневої системи на початкових етапах росту рослини пшениці ярої особливо чутливі до негативного впливу патогенів, шкідників і бур'янів [4]. За відсутності ефективного контролю втрати врожаю можуть бути суттєвими, а якість зерна помітно погіршуватись [5].

У зоні Правобережного Лісостепу весняний період часто супроводжується підвищеною вологістю та помірними температурами, що створює сприятливі умови для розвитку грибкових захворювань. Найбільшої шкоди посівам завдають борошниста роса, септоріоз листків, бура та стеблова іржа, а також фузаріоз колоса [6]. Ураження листкового апарату призводить до зниження інтенсивності фотосинтезу, передчасного відмирання листків і погіршення процесів формування зерна. Тому збереження асиміляційної поверхні рослин є одним із пріоритетних завдань сучасної технології вирощування пшениці ярої [7].

Не менш небезпечним фактором є засмічення посівів бур'янами. На ранніх фазах росту яра пшениця поступається сегетальній рослинності у конкурентній здатності за світло, вологу та елементи мінерального живлення [8]. Особливо посіви пригнічують ранні ярі бур'яни, які швидко використовують запаси ґрунтової вологи та поживних речовин. Крім того, бур'яни створюють сприятливе середовище для поширення шкідників і хвороб, ускладнюють проведення агротехнічних заходів та погіршують якість зерна. Саме тому інтегрований підхід до контролю бур'янів є невід'ємною складовою сучасних систем захисту [9].

Значну загрозу для посівів становлять також комахи-фітофаги, які пошкоджують листки, стебла та генеративні органи рослин. За сприятливих погодних умов чисельність шкідників може швидко перевищувати

економічний поріг шкодочинності, що потребує своєчасного застосування інсектицидного захисту [10]. В сучасних умовах господарювання традиційні схеми пестицидних обробок не завжди забезпечують достатню ефективність, особливо при вирощуванні сортів інтенсивного типу. Це обумовлює необхідність удосконалення інтегрованих систем фітосанітарного контролю із застосуванням багатокомпонентних та пролонгованих схем захисту [11].

Перспективним напрямом підвищення продуктивності культури є використання регуляторів росту рослин із антистресовими властивостями. Їх застосування підвищує стійкість рослин до температурних коливань і ґрунтової посухи, а також зменшує ризик вилягання посівів за інтенсивного мінерального живлення [5, 12]. Крім того, регулятори росту позитивно впливають на переміщення пластичних речовин до генеративних органів, що в подальшому позначається на рівні врожайності та якості зерна. Однак питання комплексного поєднання сортових особливостей, систем захисту та регуляції ростових процесів і надалі залишається недостатньо вивченим та потребує поглиблених експериментальних досліджень.

Метою запланованої наукової роботи є створення та наукове обґрунтування удосконаленої технології вирощування сучасних сортів пшениці ярої в умовах Правобережного Лісостепу України. Основна увага приділятиметься оптимальному поєднанню інтегрованих систем захисту рослин і застосуванню регуляторів росту. Дослідження проводитимуться упродовж 2026–2028 років у ПСП Агрофірма «Світанок» Білоцерківського району Київської області. У ході експериментів передбачається здійснити комплексну оцінку реакції різних сортів пшениці ярої на варіанти фітосанітарного захисту та регуляції росту. Очікується, що результати досліджень стануть науковою основою для розроблення практичних рекомендацій аграрному виробництву. Впровадження удосконалених технологічних рішень сприятиме повнішому розкриттю генетичного

потенціалу сучасних сортів, підвищенню врожайності, стабільності виробництва зерна та економічної ефективності вирощування пшениці ярої.

Список використаних джерел:

1. Поліщук М. І., Антко Р. А. Удосконалення технологічних прийомів вирощування пшениці ярої в умовах правобережного Лісостепу України. Сільське господарство та лісівництво. 2020. № 17. С. 64-73.
2. Лозінська Т.П., Грабовський М.Б., Хахула В.С., Михайлюк Д.В. Продуктивний потенціал сучасних сортів пшениці ярої в мінливих умовах природнього навколишнього середовища. XXVI Міжнародна науково-практична конференція, Ottawa, Canada, 5-7 June, 2024, International Scientific Unity, P. 15-18.
3. Лозінський Б. М., Грабовський М. Б. Захист посівів пшениці ярої від хвороб за змін клімату. Збірник матеріалів науково-практичної конференції «Наукові читання до 100-річчя від дня народження Філіп'єва Івана Давидовича – видатного вченого у галузі агрохімії та ґрунтознавства», присвяченої пам'яті доктора с.-г. наук, професора, Заслуженого діяча науки і техніки України, Філіп'єва Івана Давидовича, м. Одеса, 20 вересня 2024 р., ІКОСГ НААН, С. 177-179.
4. Гирка А. Д., Гирка Т. В., Перекіпська Т. О., Вінюков О. О. Особливості сортової реакції пшениці ярої на засоби захисту рослин. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2013. №4. С.22-25.
5. Грабовський М.Б., Лозінський Б.М. Аналіз поширення грибкових хвороб листя в посівах пшениці ярої. Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції : «Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку», Біла Церква, 28 березня 2024 р., Біла Церква, БНАУ. С. 251–253.
6. Лозінський Б.М., Грабовський М.Б. Фітопатологічний стан посівів пшениці ярої залежно від застосування фунгіцидів. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві», 02 жовтня 2025 року, Біла Церква, БНАУ, С. 43–45.
7. Жукова Л. В., Ємленінова А. М. Шкідливість септоріозу і жовтої іржі пшениці ярої та основні елементи системи захисту посівів. Вісник Харківського національного аграрного університету ім. ВВ Докучаєва. Серія: Фітопатологія та ентомологія. 2017. №1-2. С. 61-66.
8. Грицюк Н. В., Довбиш Л. Л., Бакалова А. В., Іващенко І. В., Плотницька Н. М. Вплив системи обробітку ґрунту та удобрення на забур'яненість посівів пшениці ярої в умовах Правобережного Лісостепу. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2024. №2. С. 33-39.
9. Войтко А.В., Грабовський М.Б., Мостипан О.В. Зміна висоти рослин та продуктивного стеблостою у сортів пшениці м'якої ярої під впливом мінерального живлення та систем захисту. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої Дню науки в Україні «Ефективні системи захисту рослин як інструмент сталого розвитку аграрного сектору економіки та суспільства», Херсон-Кропивницький, 16 травня 2025 р., ХДАЕУ, С. 224–228.
10. Дерев'янський В. П. Біологічний захист пшениці ярої. Карантин і захист рослин. 2012. №10. С. 1-3.
11. Голік О. В., Звягінцева А. М., Бабушкіна Т. В. Інтегральна оцінка стійкості селекційних ліній та сортів пшениці ярої на вплив ком-плексу біотичних чинників. Селекція і насінництво. 2015. №108. С. 35-44.
12. Прокопенко Р. А., Оничко В. І., Деркач Я. С., Балюк В. П. (2023). Застосування регуляторів росту на посівах пшениці ярої. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Гончарівські Читання», присвяченої, С. 120-121.

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ РІЗНИХ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНОВІ ЦІЛІ

Філоненко С.В., Кравченко А.В. (м. Полтава)

Кукурудза у світовому землеробстві обґрунтовано розглядається як одна з найбільш універсальних сільськогосподарських культур за напрямками використання [2]. Її зерно широко застосовується як у продовольчій сфері, так і у тваринництві як високоякісний фураж [12]. Водночас рослини у фазі молочно-воскової стиглості є цінною сировиною для виробництва поживного силосу, а зелена маса культури ефективно використовується як соковитий корм, що забезпечує високу продуктивність тваринницької галузі [11].

За рівнем поживності зерно кукурудзи істотно перевищує зерно таких традиційних культур, як овес, ячмінь і жито, що зумовлює її важливе значення у кормовиробництві [6]. Крім того, кукурудза є універсальною сировиною для переробної промисловості, з якої виготовляють понад півтори сотні різноманітних продуктів харчового та технічного призначення, зокрема крохмаль, крупи, борошно, спирт, глюкозу, сиропи та інші похідні [8]. Із зародків зерна отримують цінну харчову олію, що має дієтичні властивості та сприяє зниженню рівня холестерину в організмі людини, зменшуючи ризик розвитку серцево-судинних захворювань, зокрема атеросклероз [10].

Окрім кормового та продовольчого значення, кукурудза виконує важливу агротехнічну функцію як просапна культура [1]. За умови дотримання науково обґрунтованих елементів технології вирощування вона сприяє ефективному контролю бур'янів, формуючи чисті від небажаної рослинності посіви, а також забезпечує покращення агрофізичних властивостей ґрунту, зокрема структури його орного шару [3].

Водночас ключовим чинником реалізації потенціалу продуктивності культури є правильно підібрана система обробітку ґрунту [7]. Рациональний основний обробіток не лише сприяє окультуренню орного шару, але й оптимізує водний, повітряний, тепловий та поживний режими ґрунту, що створює сприятливі умови для росту і розвитку рослин кукурудзи. Відомо, що різні способи обробітку ґрунту по-різному впливають на інтенсивність мінералізації органічної речовини, акумуляцію вологи у кореневмісному шарі та ефективність використання елементів живлення рослинами [4]. Крім того, обробіток ґрунту є важливим елементом інтегрованої системи захисту рослин, оскільки сприяє зниженню чисельності шкідників, поширення хвороб і забур'яненості посівів [5].

Незважаючи на значний обсяг наукових досліджень, у виробничій практиці й досі тривають дискусії щодо оптимального способу основного обробітку ґрунту під різні культури, зокрема кукурудзу [9]. Це зумовлено тим, що ефективність того чи іншого способу значною мірою залежить від конкретних ґрунтово-кліматичних умов і може істотно впливати на рівень продуктивності культури [7].

З огляду на це, було проведено дослідження, спрямоване на вивчення особливостей формування зернової продуктивності кукурудзи залежно від різних способів основного обробітку ґрунту у виробничих умовах одного із сільськогосподарських підприємств області протягом 2024-2025 років.

Результати польових досліджень засвідчили, що способи обробітку ґрунту суттєво впливають на рівень забур'яненості посівів. Облік кількості бур'янів проводили у фазі стеблуння культури, що дозволило об'єктивно оцінити конкурентні взаємовідносини між культурними рослинами і сегетальною рослинністю. Встановлено, що найменша кількість бур'янів (у середньому 38 шт./м²) спостерігалася на варіанті з проведенням оранки на глибину 26-28 см. Натомість максимальний рівень забур'яненості (121 шт./м²)

був зафіксований на варіанті із застосуванням мінімального обробітку ґрунту (дискування на глибину 14-16 см). Використання чизельного обробітку забезпечило проміжні значення цього показника – близько 61 шт./м².

Аналогічна закономірність простежувалася і щодо маси бур'янів: найбільші її значення відмічено на варіантах із мінімальним обробітком (74 г/м²), тоді як найменші – на контролі з оранкою (43 г/м²). Це підтверджує, що глибокий обробіток ґрунту є більш ефективним у стримуванні розвитку бур'янової рослинності порівняно з поверхневими прийомами.

Водночас аналіз біологічної врожайності зерна показав, що найвищий рівень продуктивності культури забезпечував чизельний обробіток ґрунту на глибину 40-45 см – 9,26 т/га. Дещо нижчі показники отримано на варіанті з традиційною оранкою (8,73 т/га). Найменша врожайність (6,64 т/га) була характерною для мінімального обробітку (14-16 см), тоді як плоскорізний обробіток на глибину 28-30 см забезпечив середній рівень продуктивності – 7,45 т/га.

Таким чином, встановлено, що різні способи основного обробітку ґрунту по-різному впливають як на фітосанітарний стан посівів кукурудзи, так і на формування її врожайності. Найвищий рівень забур'яненості відмічено за мінімального та плоскорізного обробітку, тоді як найкращі показники зернової продуктивності забезпечував глибокий чизельний обробіток (35-40 см), який перевищив контроль (оранку) на 0,53 т/га, що свідчить про його високу ефективність у сучасних умовах вирощування культури.

Список використаних джерел:

1. Андрущенко В. Вплив різних факторів на урожайність кукурудзи. *Агроном*. 26.10.2017. URL: <https://www.agronom.com.ua/vplyv-riznyh-faktoriv-na-urozhajnist-kukurudzy/> (дата звернення: 15.04.2026).
2. Архипенко Ф. М., Артюшенко О. О., Кухарчук П. І. Агротехнічні заходи підвищення продуктивності та поживності кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 6. С. 15-18.
3. Гангур В. В., Сахацька В. М. Мікробіологічна активність ґрунту за різних способів обробітку. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 4. С. 13–19.
4. Гангур В.В., Єремко Л.С., Руденко В.В. Вплив елементів технології вирощування на формування продуктивності гібридів кукурудзи різних груп стиглості. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 117. С. 37–43.
5. Танчик С.П., Миколенко Я. О. Вплив обробітку ґрунту на вміст доступної вологи та продуктивність кукурудзи. *Агроном*. 26.10.2018. URL:

<https://www.agronom.com.ua/vplyv-obrobittku-gruntu-na-vmist-dostupnoyi-volog-yi-ta-produktyvnist-kukurudzy/> (дата звернення: 23.04.2026). 6. Філоненко С. В., Тищенко М. В., Попов О. О. Реалізація продуктивного потенціалу кукурудзи за позакореневого внесення регуляторів росту. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. № 3. С. 31-39. 7. Філоненко С.В. Формування зернової продуктивності кукурудзи за різних способів основного обробітку ґрунту. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2013. №3. С.56-60. 8. Філоненко С.В., Міленко О.Г., Пасічний О.В., Дубина Р.І. Вплив сортових властивостей та елементів агротехніки на зерновий продуктивний потенціал гібридів кукурудзи. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели: матеріали Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. м. Полтава, 30 верес. 2025 р. Полтава : ПДАУ, 2025. С. 76-79. 9. Філоненко С.В., Попов О.О. Інноваційні розробки – на посіви кукурудзи. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена 90-річчю з дня народження професора Г. П. Жемели : матеріали Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. м. Полтава, 30 верес. 2023 р. Полтава : ПДАУ, 2023. С. 133-135. 10. Цвей Я.П., Тищенко М.В., Філоненко С.В. Моніторинг забур'яненості посівів сільськогосподарських культур у ланці зернобурякової сівозміни у виробничих умовах. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. №1. С.23-30. 11. Як отримати високий врожай кукурудзи в агросезоні-2021. Агроном. 08.02.2021. URL: <https://www.agronom.com.ua/yak-otrymaty-shhedryj-vrozhaj-kukurudzy-v-agrosezoni-2021/> (дата звернення: 12.04.2026). 12. Ярошко М. Кукурудза – основні вимоги до вирощування. Агроном. 25.11.2016. URL: <https://www.agronom.com.ua/kukurudza-osnovni-vymogy-do-vyroshhuva/> (дата звернення: 20.04.2026).

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СТОКОЛОСУ БЕЗОСТОГО ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ

Марініч Л.Г., Балюк Р. В. (м. Полтава)

Визначення оптимальних строків сівби трав має ключове значення для забезпечення високої та стабільної урожайності. Стоколос безостий належить до озимих культур з повільним початковим ростом у фазі вегетації. Слід враховувати, що насіннєві посіви, закладені на другий рік життя, формуються переважно з вегетативно-укорочених пагонів, які перезимували і відновлюють ріст у наступний сезон [1]. Рослини, що посіяні пізно восени або навесні і не пройшли яровизацію, не здатні утворити генеративні органи, оскільки залишаються на ранніх стадіях органогенезу і не досягають цвітіння та формування насіння [2].

З урахуванням погодних умов 2023 р. ми використовували три строки сівби: весняний (13.04.2023), літній (08.08.2023) і осінній (10.09.2023). Дослідні ділянки мали площу 25 м², кількість повторень – 4. Сівбу виконували в три строки з міжряддям 15 см для визначення оптимального строку посіву стоколосу.

За результатами проведено аналіз впливу строків сівби на врожайність зеленої маси сорту Полтавський 5 за два роки (2024-2025) найвищий середній показник отримано при весняній сівбі – 41,9 т/га, що вказує на оптимальність весняного строку для цього сорту, оскільки він забезпечує триваліший період росту і накопичення біомаси. Літній строк посіву зайняв друге місце з середньою врожайністю 38,6 т/га, що свідчить про можливість отримання значного кормового ресурсу в стислі строки. Осіння сівба дала найнижчий середній врожай – 36,7 т/га, що, однак, залишається прийнятним з огляду на кліматичні умови.

Таким чином, з погляду врожайності найдоцільнішим є весняний строк сівби, а застосування адекватних агротехнічних заходів і оптимізація строків сівби сприяють підвищенню продуктивності культури й стабільному забезпеченню кормової бази.

Проаналізовано вплив строків сівби на врожайність зеленої маси сорту Сокіл. Найвищі середні показники отримані при весняній сівбі – 44,7 т/га за два роки, що підтверджує рекомендований оптимальний строк для досягнення максимальної продуктивності. Літні посіви дали середню врожайність 43,4 т/га, майже не відрізняючись від весняних, що свідчить про високу гнучкість сорту щодо строків сівби. Осіння сівба забезпечила найнижчий врожай 41,9 т/га.

Отже, для отримання високих врожаїв зеленої маси найбільш ефективним є весняний строк сівби, проте літній строк також дає високі результати, що дозволяє агропідприємствам гнучко планувати строки сівби з урахуванням кліматичних умов та технологічних можливостей.

Врожай сіна є важливим показником економічної й агрономічної ефективності. Для сорту Полтавський 5 найвищий врожай сіна отримано при весняній сівбі: у 2024 р. – 15,5 т/га, у 2025 р. – 18,5 т/га, середнє за два роки – 16,7 т/га. Літній строк дав істотно менший врожай сіна: 13,1 т/га у 2024 р. та 17,4 т/га у 2025 р., середнє – 15,4 т/га. Осіння сівба у 2024 р. дала найнижчий показник – 11,4 т/га, проте у 2025 р. урожай збільшився до 19,4 т/га, через що середній врожай за два роки становить 15,4 т/га.

У сорту Сокіл врожай сіна виявився вищим порівняно з Полтавським 5. Найкращі показники досягнуті при весняній сівбі: 18,4 т/га у 2024 р. і 20,4 т/га у 2025 р., середнє за два роки – 19,4 т/га. Літній строк дав середній врожай сіна близько 17,4 т/га (16,4 т/га у 2024 р. та 18,4 т/га у 2025 р.). Осіння сівба показала схожу динаміку як у сорту Полтавського 5: 13,4 т/га у 2024 р. і зростання до 19,4 т/га у 2025 р., середній врожай за два роки – 16,4 т/га. Таким чином, середня продуктивність сіна за двома роками для сорту Сокіл становить 16,4 т/га при застосованій технології, а загальна тенденція підтверджує перевагу весняного строку сівби для досягнення найвищих показників.

Отже, аналіз свідчить, що максимальна продуктивність сіна досягається при весняній сівбі. Водночас з урахуванням регіональних кліматичних особливостей альтернативні строки сівби залишаються доцільними для формування надійного кормового ресурсу.

Список використаних джерел:

1. Марініч Л. Г., Антонець О. А. Вплив строків посіву на продуктивність стоколосу безостого в умовах Лісостепу України. Вісник ПДАА. 2021. №3. С.45-51 doi: 10.31210/visnyk2021.03.05
2. Марініч Л.Г., Мелешко І.В. Вплив строків сівби на формування кормової продуктивності стоколосу безостого Scientific World Journal. Bulgaria, Svishtov, Issue №27, September, 2024. DOI: 10.30888/2663-5712.2024-27-00-011

ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Шакалій С.М. (м. Полтава)

Стратегічним напрямом розвитку аграрного сектору України є виробництво олійних культур – важливого джерела ефективної і прибуткової діяльності сільськогосподарських підприємств. Олійні культури відіграють важливе значення у вирішенні продовольчої проблеми, забезпечують якісними високобілковими кормами тваринницький комплекс та являють собою цінну сировину для переробної промисловості [1-2].

У 2025 році на Полтавщині якість насіння соняшнику формується в умовах нерівномірного зволоження та періодичних посух, що знижує масу 1000 насінин та вміст олії, а також підвищує ризик інфікування хвороб. Посушливі явища зменшують лінійний ріст рослин та діаметр кошика, що обмежує потенціал урожайності, але за правильної агротехніки (підживлення) можна зберегти високі якісні показники.

Основні чинники та їх вплив у 2025 році:

- Посуха та температурний стрес – високі температури, особливо у фазі цвітіння – наливу насіння, призводять до щуплості зерна, зниження маси 1000 насінин та зменшення олійності.
- Нерівномірні опади – недостатня кількість вологи в ґрунті (або її критичний дефіцит) негативно впливає на повноту запилення, призводячи до збільшення відсотка пустих насінин.
- Ризик хвороб – погодні умови 2025 року сприяють поширенню хвороб, що погіршує насіннєві якості та спричиняє розвиток плісняви при зберіганні.

- Агротехнічні заходи – використання мікродобрих (наприклад, суміш Мікофренду, БлекДжеку) допомагає пом'якшити вплив екологічного стресу, покращуючи наповненість кошика та якість насіння.

Вплив вологості на вміст протеїну в насінні соняшнику має зворотну залежність через ефект концентрації речовин.

Основні аспекти впливу: протеїн зазвичай розраховується на абсолютно суху речовину. Якщо вологість насіння висока, відсоткова частка протеїну в загальній масі фізично зменшується, оскільки вода «розбавляє» концентрацію поживних речовин. *Гідроліз білків* – при підвищеній вологості (понад 8-9 %) у насінні активізуються ферменти, які запускають процес розщеплення складних білків до амінокислот. Це знижує якість протеїну та його стабільність. *Дихання насіння* – висока вологість посилює інтенсивність дихання насіння. Для цього процесу витрачаються органічні речовини, що може призводити до втрати сухої маси, зокрема й білкових сполук. *Термічна обробка* – якщо вологе насіння піддається інтенсивному сушінню при високих температурах, відбувається денатурація білка, що критично знижує його біологічну цінність для подальшого використання у шроті [3].

У наших гібридів (5,58 % — 6,11 %) вологість є низькою та стабільною. Це ідеальні умови, за яких білкові структури залишаються максимально збереженими, а показник протеїну в 12,4 % — 13,8 % відображає реальну високу поживну цінність гібридів.

Таблиця 1

Характеристика гібридів соняшнику 2025 року

Гібрид	Вологість, %	Протеїн, %	Жир, %
Мічіган	5,58	12,43	49,76
Цейлон	6,11	13,15	52,85
Ласкала	6,00	13,78	50,69

На основі наданих даних, усі три гібриди демонструють високу якість, причому показники жиру (олійності) суттєво перевищують середні значення поточної аномально спекотної кампанії (де олійність часто падає нижче 44-46 %).

Ось порівняльна характеристика гібридів:

1. Цейлон – лідер за олійністю: має найвищий показник жиру (52,85 %), що робить його найбільш цінним для переробки на олію. Вологість (6,11 %) є оптимальною для тривалого зберігання (базова зазвичай 7-8 %), що мінімізує ризику псування.

1. Ласкала – баланс та протеїн показує найкращий рівень протеїну (13,78 %), що важливо для якості шроту після переробки. Має високу олійність (50,69 %), стабільно тримаючи планку «преміум» сегмента.

1. Мічіган – еталон сухості має найнижчу вологість (5,58 %), що свідчить про відмінну віддачу вологи перед збиранням. Це дозволяє економити на сушінні, але потребує обережності при транспортуванні, щоб уникнути травмування насіння. Олійність (49,76 %) дещо нижча за інші, але все ще залишається на високому рівні.

Характеристика гібридів вказує на те, що незважаючи на екологічні виклики 2025 року, ці партії мають високу технологічну цінність. Гібрид Цейлон є найбільш вигідним з точки зору виходу олії, а Ласкала – з точки зору кормової цінності залишків переробки.

Список використаних джерел:

1. Шакалій С. М., Кулик Є. І. Вплив способів обробки біостимуляторами на посівні якості насіння соняшника. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 343–351. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.40> 2. Баган А. В., Шакалій С. М., Головаш Л. М., Голуб-Маковецька І. А., Малов П. О. Вплив мікродобрива LF-соняшник на продуктивність гібридів соняшнику. *Аграрні інновації*. 2024. № 28. С. 14–19. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.2> 3. Гамаюнова В.В., Кудріна В.С. Формування продуктивності соняшнику під впливом позакоренових підживлень сучасними біопрепаратами в умовах Південного Степу України. *Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Agrolgy*. Дніпро, 2020. No 4, Т. 3. С. 225–231.

ВПЛИВ СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НА ФОРМУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ГЕНЕРАТИВНИХ ПАГОНІВ ТА СУЦВІТЬ У ЛЮЦЕРНИ ПОСІВНОЇ

Марініч Л.Г., Петраковський І.О. (м. Полтава)

Один із найефективніших шляхів стабілізації тваринницької галузі – збільшення виробництва кормів. За обмежених фінансових ресурсів це досягається впровадженням енергоощадних високопродуктивних агрофітоценозів та оптимізацією структури площ під багаторічними бобовими травами. Раціонально підвищити частку бобового компонента до 80%, що дозволить отримувати високу врожайність посівів без застосування мінеральних добрив та закріпити в ґрунті приблизно 210-220 кг/га азоту.

Важливим є також правильний підбір сортів: сортові ознаки визначають до 70% урожайності. Сорти повинні бути зонально адаптованими, мати високу відновлювальну здатність, стійкість до хвороб і шкідників, а також посухо- й зимостійкість.

У дослідженні використано сім сортів люцерни, виведених різними селекційними установами України: Лідія, Насолода, Ніжність, Унітро, Ласка, Віра, Полтавчанка.

Урожай насіння багаторічних бобових трав суттєво залежить від кількості генеративних пагонів на одиницю площі та від насінневої продуктивності кожного пагона: числа суцвіть на пагоні, кількості бобів у суцвітті, ваги насіння в бобі та маси 1000 насінин. Тому в селекційних і генетичних дослідженнях вивчення цих ознак має першочергове значення для підвищення врожайності й якості насіннєвого матеріалу.

Для формування достатньої кількості генеративних пагонів необхідні сприятливі природні умови: оптимальна температура, адекватне живлення та освітлення. У наших дослідженнях 2023-2025 років отримано такі результати.

У 2023 році кількість генеративних пагонів змінювалася від 91 до 202 шт./м². За цим показником сорти розподілилися на групи: низька кількість генеративних пагонів: Ласка (90 шт/м²), Ніжність (100 шт/м²), Насолода (110 шт/м²); середня – Лідія (151 шт/м²), Віра (156 шт/м²); висока – Унітро (190 шт/м²).

У 2024 році діапазон кількості генеративних пагонів становив 86-191 шт./м². Мінімальні значення мали сорти Насолода (96 шт/м²), Ніжність і Ласка (86-91 шт/м²). Середню кількість мали Лідія (145 шт/м²), Віра (129 шт/м²), високу кількість продуктивних пагонів – Унітро (170 шт/м²).

Кількість генеративних пагонів у 2025 році становила від 91-196 шт./м². Лідером за даною ознакою був сорт Унітро (196 шт/м²). Середні показники мали сорти Лідія (140 шт/м²), Віра і Полтавчанка (146 шт/м²). За трирічний період найвищі значення генеративних пагонів показав сорт Унітро (185 шт./м²).

Кількість суцвіть є ключовим фактором врожайності насіння люцерни, оскільки визначає потенційну кількість бобів і насіння. Збільшення числа суцвіть підвищує кількість продукції, але за надмірної кількості посилюється конкуренція за ресурси, що може знизити якість насіння та середню кількість насінин у бобі. Тому оптимізація числа суцвіть є важливою складовою технології підвищення насіннєвої продуктивності.

Результати проведених досліджень вказують, що у 2023 році кількість суцвіть коливалась від 36-76 шт./рослину. Найменший прояв ознаки мали Насолода (40 шт./рослину), Ніжність (39 шт./рослину). Середню кількість суцвіть мали сорти Лідія (62 шт./рослину), Віра (60 шт./рослину) а найбільшу – Унітро (73 шт./рослину), Полтавчанка (70 шт./рослину). У 2024 році прояв ознаки становив 39-73 шт./рослину. Високі показники мав сорт Унітро (70 шт./рослину), Полтавчанка (71 шт./рослину), середні – Лідія (67 шт./рослину), Віра (61 шт./рослину).

Кількість суцвіть у 2025 році коливалась від 37 до 70 шт./рослину. Найменший прояв ознаки був у сортів Насолода (41 шт./рослину), Ніжність (43 шт./рослину), Ласка (37 шт./рослину). Середній рівень прояву характерний для сортів Лідія (64 шт./рослину), Віра (60 шт./рослину). Найвищі показники відмічені у сортів Унітро (69 шт./рослину), Полтавчанка (71 шт./рослину).

За трирічний період сорти Унітро і Полтавчанка продемонстрували найвищі та стабільні показники за числом суцвіть та кількістю генеративних пагонів, що свідчить про їх високий потенціал у формуванні генеративної продуктивності.

Список використаних джерел:

1.Марініч Л.Г., Климась Е.І. Вплив передпосівної обробки насіння на формування продуктивності люцерни посівної. ScientificWorldJournal Bulgaria, Svishtov, Issue №22, November, 2023. DOI: 10.30888/2663-5712.2023-22-02-003 2. Марініч Л. Г., Богачов О.О., Рашин А.І. Роль бобових трав у сівоzmіні. Актуальні напрями та проблематика у технологіях вирощування продукції рослинництва : матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (02 травня 2024 року, м. Полтава). ПДАУ, 2024. С. 80-82.

ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ПРИДАТНИХ СОРТІВ КАРТОПЛІ ДЛЯ УМОВ ПОМІРНОГО КЛІМАТУ

Бараболя О.В., Прудкий Т.А. (м. Полтава)

Картопля належить до ключових продовольчих культур, що відіграють важливу роль як у сільському господарстві, так і в харчовій промисловості. За сучасних умов одним із пріоритетних напрямів розвитку аграрного виробництва є підвищення врожайності та покращення якісних характеристик цієї культури. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває питання добору таких сортів картоплі, які поєднують високу продуктивність, стійкість до хвороб, здатність зберігати товарні властивості під час тривалого зберігання та відповідність споживчим вимогам. Важливим є також аналіз впливу генетичних особливостей сортів на формування зазначених показників з метою виділення найбільш ефективних для різних агрокліматичних умов [1].

У практиці вирощування картоплі – як у великих аграрних підприємствах, так і в фермерських та індивідуальних господарствах – використовується близько 300 сортів. Приблизно 200 із них у різні періоди були внесені до Державного реєстру сортів рослин України. Значна частка (близько половини) представлена вітчизняною селекцією, тоді як інші сорти походять з Нідерландів, Німеччини, Чехії та інших країн. Вибір конкретного сорту виробниками і споживачами ґрунтується на сукупності ознак, серед яких урожайність, тривалість вегетаційного періоду, морфологічні характеристики бульб (форма, колір, глибина вічок), хімічний склад (вміст крохмалю та вітамінів), кулінарні властивості, схильність до потемніння під час обробки, смакові якості, а також стійкість до шкідників і захворювань та придатність до переробки [2].

Картопля найкраще розвивається в умовах помірного клімату. Для формування високого врожаю необхідні відносно невисокі температури: вдень – до 25 °С, уночі – в межах 10–15 °С. Перевищення температурних показників негативно впливає на рослини, зокрема може спричиняти деградацію бульб, тоді як підвищені нічні температури створюють сприятливі умови для розвитку шкідників (попелиць, цикадок), які є переносниками вірусних інфекцій і погіршують якість насіннєвого матеріалу. Однією з біологічних особливостей картоплі є асинхронність розвитку надземної частини та бульб: на початкових етапах переважає ріст бадилля, тоді як після цвітіння активізується формування бульб, упродовж якого накопичується основна частина врожаю [3].

На розвиток культури суттєво впливають агротехнічні умови, фітосанітарний стан посівів і рівень забезпечення вологою. Оптимальна вологість ґрунту в період бутонізації та інтенсивного наростання бульб має становити не менше 80% від повної польової вологоємності. Недостатнє зволоження уповільнює ріст і знижує накопичення крохмалю, тоді як надлишок вологи може призвести до загнивання бульб. Процес бульбоутворення

визначається комплексом чинників: біологічними властивостями сорту, фізіологічним станом насіннєвого матеріалу, тривалістю світлового дня, температурою, рівнем вологи та забезпеченістю поживними речовинами. Важливе значення має також тривалість вегетаційного періоду: сорти з коротшим циклом розвитку, як правило, швидше формують урожай [4].

Для об'єктивної оцінки сортів доцільно досліджувати динаміку накопичення врожаю, порівнюючи нові форми зі стандартними районованими сортами, що мають усталені характеристики. Аналіз закономірностей формування врожаю є важливою складовою біологічної оцінки нових селекційних зразків.

Сучасне сільськогосподарське виробництво висуває комплексні вимоги до нових сортів картоплі, які формують національний сортовий ресурс. До них належать поєднання високої врожайності зі стійкістю до хвороб, шкідників і стресових факторів довкілля, а також високі показники якості продукції, технологічність вирощування, добра лежкість, транспортабельність і придатність до тривалого зберігання та переробки. Важливими з точки зору ринку є також зовнішні характеристики бульб – правильна форма, гладка поверхня, неглибокі вічка, привабливий колір шкірки та м'якоті, а також високі смакові властивості. Значну роль відіграє і вміст крохмалю та сухих речовин [3].

Список використаних джерел:

1. Бараболя, О., Прудкий, Т. (2025). Показники якості картоплі та їх зв'язок з кліматичними умовами для забезпечення лежкості. *Науковий прогрес та інновації*, 28 (2), 6–12. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.01>
2. Бараболя О. В., Прудкий Т. А. Довготривале зберігання картоплі. Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування, присвячена пам'яті професора Г. П. Жемели: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 30 верес. 2024 р.). Полтава :ПДАУ, 2024. С.209-211.
3. Бараболя О.В., Прудкий Т. А. Якість зберігання картоплі залежно від ураження хворобами. Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний, соціальний та економічний аспекти. матеріали VIII міжнародної науково-практичної інтернет – конференції. 12 грудня 2024 року, Полтава: ПДАУ, 2024. С. 27-29.
4. Бараболя О.В, Прудкий Т. А. Якість зберігання картоплі залежно від ураження хворобами "Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроекологічний,

соціальний та економічний аспекти" матеріали VIII міжнародної науково-практичної інтернет - конференції – 12 грудня 2024 року, Полтава. ПДАУ 2024 С. 25-27.

ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОЛОГІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР

Рибальченко А.М. (м. Полтава)

Сучасне сільське господарство потребує впровадження екологічно безпечних та ресурсозберігаючих технологій, спрямованих на підвищення продуктивності сільськогосподарських культур і збереження родючості ґрунтів. Одним із перспективних напрямів розвитку аграрного виробництва є біологізація землеробства у технологіях вирощування сільськогосподарських культур [1].

Зернобобові культури займають важливе місце у системі біологізації землеробства завдяки їх здатності до симбіотичної фіксації атмосферного азоту. Горох, соя, нут, а також інші зернобобові культури у симбіозі з бульбочковими бактеріями здатні накопичувати біологічний азот, що зменшує потребу у внесенні мінеральних азотних добрив і сприяє підвищенню екологічної безпеки агровиробництва. Важливим елементом біологізації технології вирощування зернобобових культур є застосування мікробіологічних препаратів, інокуляції насіння, біологічних засобів захисту рослин [6].

Використання інокулянтів забезпечує активізацію азотфіксуючих процесів, покращує ріст і розвиток рослин, підвищує їх стійкість до стресових факторів та позитивно впливає на формування врожайності. Інокуляція насіння є невід'ємним елементом сучасної технології вирощування зернобобових культур і належить до ефективних заходів біологізації землеробства. Застосування інокуляції насіння має важливе агрономічне та екологічне значення. Передусім проведення інокуляції насіння дозволяє зменшити потребу у внесенні мінеральних азотних добрив, а також знижує собівартість

виробництва та антропогенне навантаження на навколишнє середовище. Інокуляція сприяє покращенню азотного балансу ґрунту, підвищенню його біологічної активності та родючості [5].

Ефективність інокуляції залежить від багатьох факторів: якості бактеріального препарату, відповідності штаму певній культурі, умов зберігання та способу обробки насіння. У сучасних технологіях вирощування зернобобових культур часто використовують комплексну передпосівну обробку насіння, яка поєднує інокуляцію з мікроелементами, біостимуляторами росту та засобами захисту рослин. Такий підхід забезпечує активізацію фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, підвищує їх стійкість до стресових умов та сприяє формуванню стабільного врожаю [2].

Особливо ефективною інокуляція є на ґрунтах, де відповідні види бульбочкових бактерій відсутні або їх чисельність є недостатньою. У таких умовах застосування інокулянтів може забезпечувати суттєве підвищення врожайності та покращення якості продукції. Інокуляція насіння є важливою складовою екологічно безпечних і ресурсозберігаючих технологій вирощування зернобобових культур, що сприяє підвищенню продуктивності посівів, збереженню родючості ґрунтів [3].

Біологізація технології вирощування позитивно впливає на агроекологічний стан ґрунтів, оскільки сприяє накопиченню органічної речовини, покращенню структури ґрунту та активізації мікробіологічних процесів. Раціональне використання мінеральних добрив і пестицидів дозволяє зменшити антропогенне навантаження на довкілля та підвищити якість продукції. Ефективність біологізації значною мірою залежить від ґрунтово-кліматичних умов, біологічних особливостей культури, сортового складу та рівня адаптації елементів технології до конкретної зони вирощування. У сучасних умовах зміни клімату особливого значення набуває поєднання біологічних методів із ресурсозберігаючими технологіями, що забезпечує

стабільність виробництва та підвищення продуктивності зернобобових культур [4].

Отже, застосування елементів біологізації у технології вирощування зернобобових культур є ефективним напрямом підвищення врожайності, збереження родючості ґрунтів та екологізації аграрного виробництва.

Список використаних джерел:

1. Іващенко О. О. Біологізація аграрного виробництва. Вісник аграрної науки. 2016. № 12. С. 58-62.
2. Кравченко В. С., Кононенко Л. М., Вишневська Л. В., Чинчик О. С., Оліфорович В. О. Біологізація вирощування зернобобових культур в Україні, аналіз та перспектива. Аграрний вісник Причорномор'я. Вип. 92, 2019. С. 83-91.
3. Мазур В. А., Забарна Т. А. Зміни окремих фізико-хімічних властивостей ґрунтів у системі біологізації землеробських технологій. Сільське господарство та лісівництво. 2018. № 9. С. 5-16.
4. Мазур В. А., Ткачук О. П., Яковець Л. А. Екологічна безпека зернової та зернобобової продукції. Вінниця: ВНАУ. 2020. 442 с.
5. Рибальченко А. М. Агроекологічні аспекти вирощування сої. Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур: матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 31 березня 2026 р.). Полтава: ПДАУ, 2026. С. 122-124.
6. Рибальченко А. М. Генетичний потенціал зернобобових культур. Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: зимові диспути: тези доп. II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Дніпро, 4-5 лютого 2021 р.). Дніпро, 2021. Т. 2. С. 240-241.

ОПТИМІЗАЦІЯ МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО ЖИВЛЕННЯ НАСІННЄВИХ РОСЛИН БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ

Філоненко С.В., Сливний П.Ю. (м. Полтава)

Буряки цукрові тривалий час посідали провідне місце серед технічних культур, забезпечуючи значну частку прибутків у структурі рослинницької галузі [2, 8]. Рівень розвитку буряківництва істотно впливав на економічну стабільність аграрно-продовольчого сектору України, а також визначав динаміку функціонування національного ринку цукру [4, 10]. Водночас досягнення високих показників продуктивності цієї культури є неможливим без використання якісного насіннєвого матеріалу з високими посівними та господарськими характеристиками [6, 12]. У системі виробництва насіння буряків цукрових особливе значення має науково обґрунтована система

удобрення насінників, яка забезпечує формування повноцінного насіння з високими показниками схожості та енергії проростання [3, 9].

На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва ринок пропонує широкий спектр мікродобрив нового покоління, що містять не лише мікроелементи у легкодоступних для рослин формах, але й макроелементи та біологічно активні сполуки, зокрема амінокислоти [1, 5]. Однак, незважаючи на їх широке впровадження, питання оптимізації строків і норм застосування таких препаратів у насінництві буряків цукрових, зокрема на висадках, залишається недостатньо вивченим [7, 11]. У зв'язку з цим актуальним є дослідження впливу позакореневого внесення різних мікродобрив на формування насіннєвої продуктивності та посівних якостей гібридного насіння.

Метою проведених досліджень було вивчення ефективності позакореневого підживлення насінників буряків цукрових мікродобривами Авангард Р Буряк, Інтермаг Цукровий буряк та BAST Бор щодо їх впливу на насіннєву продуктивність і якісні показники насіння. Польові експерименти проводили упродовж 2024-2025 років у виробничих умовах буряконасінницьких господарств області.

Схема досліду передбачала чотири варіанти: контроль (без застосування мікродобрив) та три варіанти з дворазовим позакореневим внесенням досліджуваних препаратів у нормі по 2 л/га. Повторність досліду була чотириразовою, а розміщення варіантів – систематичним. Усі агротехнічні заходи виконували відповідно до загальноприйнятих рекомендацій вирощування гібридного насіння буряків цукрових.

Результати дворічних досліджень засвідчили, що застосування мікродобрив сприяє певному подовженню вегетаційного періоду насінників. Так, наприклад, у 2024 році фаза формування розетки розпочалася одночасно на всіх варіантах (20 квітня) і тривала 27 днів. Перше внесення мікродобрив здійснювали у фазі розвинутої розетки, друге – на початку бутонізації. У

подальшому спостерігалось незначне подовження тривалості наступних фаз розвитку рослин. Загальна тривалість вегетаційного періоду у цьому році становила 102 дні на контролі та 104-107 днів на варіантах із застосуванням мікродобрів.

У 2025 році початок вегетації був дещо зміщений (25 квітня), однак характер впливу мікродобрів залишався подібним. Їх застосування сприяло пролонгації фаз росту і розвитку, що проявлялося у пізнішому настанні фази дозрівання плодів та збільшенні її тривалості. Важливо зазначити, що погодні умови першої половини вегетаційного періоду були більш сприятливими, що також сприяло подовженню загальної тривалості вегетації. У результаті цей показник у 2025 році досяг 112 днів на контролі та 117–118 днів на варіантах із мікродобривами.

Серед досліджуваних препаратів найбільший вплив на подовження вегетаційного періоду виявили варіанти із застосуванням Інтермаг Цукровий буряк та BAST Бор, де тривалість вегетації була максимальною. Це свідчить про активізацію фізіологічних процесів у рослинах під впливом мікроелементів відповідних мікродобрів.

Окрему увагу в дослідженнях приділяли вивченню впливу мікродобрів на формування непродуктивних біотипів насінників, до яких належать «холостяки», «лінивці» та передчасно засохлі рослини. Встановлено, що позакореневе підживлення сприяє зменшенню частки таких біотипів у посівах. Найкращі результати отримано при застосуванні мікродобрива Інтермаг Цукровий буряк, де частка непродуктивних рослин була найнижчою: «лінивці» і «холостяки» становили по 3,6%, а передчасно засохлі – 2,5%. Натомість на контролі ці показники були значно вищими (4,2; 5,3 та 4,9% відповідно).

Таким чином, результати досліджень свідчать, що позакореневе підживлення насінників буряків цукрових сучасними мікродобривами позитивно впливає на інтенсивність проходження фаз органогенезу, сприяє

підвищенню насіннєвої продуктивності, покращує посівні якості насіння та зменшує частку непродуктивних біотипів. Це обґрунтовує доцільність їх використання у технології вирощування гібридного насіння буряків цукрових як ефективного елемента інтенсифікації галузі.

Список використаних джерел:

1. Буряк І. І. Ефективність позакореневого внесення мікродобрив під насінники цукрових буряків. Цукрові буряки. 2012. №4. С.10-11.
2. Гангур В.В., Філоненко С.В., Міленко О.Г., Лисак В.М., Павленко Т.К. Продуктивні та якісні показники буряків цукрових за оптимізації мікроелементного живлення культури. Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки. 2024. Вип. № 140. С. 96–105.
3. Демчишин О. В. Мікроелементи та їх роль у буряківництві. Цукрові буряки. 2012. №3-4. С.31-33.
4. Жердецький І. М., Ступенко О. В. Ефективне позакореневе підживлення цукрових буряків. Пропозиція. 2010. №6. С. 68-74.
5. Корнієнко С. І. Прийоми формування високоякісного насіння ЧС-гібридів цукрових буряків. Цукрові буряки. 2014. №2. С. 7-9.
6. Лисак В.М., Філоненко С.В. Особливості формування продуктивності буряків цукрових за оптимізації їх мікроелементного живлення. Актуальні проблеми сучасної науки: теоретичні та практичні дослідження молодих учених : матеріали III Всеукраїнської науково-практ. конф. м. Полтава, 14-15 квітня 2025 р. Полтава : ПДАУ, 2025. С. 55-58.
7. Мацабера А. Г., Маласай В. М. Насіння цукрових буряків. Проблеми теорії та практики виробництва, підготовки, використання насіння цукрових буряків в Україні. Ніжин: «Аспект-Поліграф», 2007. 177 с.
8. Сінченко В. М., Пиркін В. І., Широкоступ О. В. Досвід отримання високих врожаїв цукрових буряків. Агроном. 2017. №2. С. 27-31. URL: <https://www.agronom.com.ua/dosvid-otrymannya-vysokuyh-vrozhayiv-tsukrovyyh-buryakiv/> (дата звернення: 24.04.2026).
9. Смірних В.М., Тищенко М.В., Філоненко С.В., Ляшенко В.В., Нікітін М.М. Регулятор росту рослин «Грейнактив-С» покращує насіння цукрових буряків. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2018. №3. С. 50-55.
10. Тищенко М.В., Філоненко С.В. Вплив системи удобрення цукрових буряків на продуктивність короткоротаційної плодозмінної сівозміни. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2019. №3. С. 11-17.
11. Філоненко С.В. Вплив позакореневого підживлення мікроелементами на продуктивність насінників цукрового буряка та якість гібридного насіння. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2008. №1. С.41-47.
12. Філоненко С.В., Лисак В.М. Особливості формування продуктивності буряків цукрових за оптимізації їх мікроелементного живлення. Український журнал природничих наук. 2025. № 13. С. 318–326.

ВИРОЩУВАННЯ МІКРОЗЕЛЕНІ, ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО ОВОЧІВНИЦТВА

Юрченко С.О. (м. Полтава)

Популярність мікрозелені у світі та в Україні продовжує стабільно зростати. Із декоративного елемента для оформлення страв мікрогрін поступово перетворився на повноцінний компонент раціону, який активно

використовують як у закладах ресторанного господарства, так і в повсякденному харчуванні населення. Зростання зацікавленості споживачів до здорового способу життя, функціональних продуктів та екологічно безпечної продукції сприяє формуванню стійкого попиту на мікрозелень [2, 6].

Мікрозелень (мікрогрін) – це молоді рослини у фазі сім'ядольних і 1–2 справжніх листків висотою до 15 см, які вирощують переважно з насіння зернових, овочевих та пряно-ароматичних культур. На відміну від проростків, мікрозелень споживають без кореневої системи, а її продукція характеризується більш вираженими смаковими властивостями та різноманітністю форм і забарвлення листків. Мікрозелень відзначається високим вмістом біологічно активних речовин, зокрема вітамінів, мінеральних елементів, амінокислот, хлорофілу та харчових волокон. Її регулярне споживання сприяє зміцненню імунної системи, покращенню функціонування шлунково-кишкового тракту та загальному підвищенню працездатності організму [5].

В Україні напрям виробництва мікрозелені почав активно розвиватися відносно нещодавно. Оскільки мікрогрін належить до категорії екологічно безпечної продукції та користується популярністю серед прихильників здорового способу харчування, попит на нього стабільно зростає і часто перевищує наявну пропозицію. Вирощування мікрозелені може стати перспективним видом овочівництва як для професійних виробників, так і для початківців, адже не потребує значних фінансових вкладень, спеціальної підготовки чи великого практичного досвіду.

До основних переваг вирощування мікрозелені слід віднести її високу актуальність як екологічно безпечного та функціонального харчового продукту, що користується значним попитом серед прихильників здорового харчування, а також у сфері ресторанного господарства. Важливою перевагою є короткий цикл виробництва, який у середньому становить 7–14 діб, що забезпечує швидке отримання готової продукції. Перспективність цього напрямку також

зумовлена відносно низьким рівнем конкуренції на ринку, невисокою собівартістю насіннєвого матеріалу та потребою у незначних стартових інвестиціях. Для організації виробництва не потрібно великих площ, що робить технологію доступною навіть для малих господарств. Крім того, мікрозелень характеризується відносною стійкістю до хвороб і шкідників та не потребує застосування хімічних добрив. Суттєвою перевагою є також можливість використання різних технологій вирощування – у ґрунті, на живильних субстратах або в умовах закритих приміщень, що дозволяє отримувати продукцію протягом усього року незалежно від сезонних факторів.

Водночас виробництво мікрозелені має і певні недоліки. Насамперед продукція характеризується коротким терміном зберігання, що ускладнює її реалізацію та транспортування. Значні ризики виникають у разі відсутності стабільних каналів збуту, оскільки це може призводити до фінансових втрат. Для ефективного ведення виробництва необхідні базові знання з технології вирощування рослин та дотримання оптимальних параметрів мікроклімату. Окремою проблемою є потреба у спеціалізованому обладнанні, вартість якого може бути досить високою. Крім того, різні види мікрозелені відрізняються вимогами до умов вирощування та зберігання, що потребує індивідуального підходу до організації технологічного процесу [3].

Серед культур, які характеризуються високою рентабельністю у виробництві мікрозелені, особливе місце займає редис. Його паростки мають приємний пряний смак і насичене забарвлення, що забезпечує високий попит у закладах ресторанного господарства. Культура є невибагливою у вирощуванні та може реалізовуватися як у зрізаному вигляді, так і разом із субстратом.

Перспективною культурою для вирощування є також горох, який характеризується високою продуктивністю та тривалішим терміном зберігання після збору врожаю. Мікрозелень гороху відзначається ніжним смаком, подібним до молодого зеленого горошку, що підвищує її споживчу цінність.

Мікрозелень соняшнику користується попитом завдяки приємному горіхово-солодкому смаку та хрусткій текстурі. Додатковою перевагою є здатність паростків зберігати товарні властивості протягом тривалого часу після зрізування за умов холодильного зберігання.

Високу популярність на ринку мають також суміші мікрозелені, які поєднують різні види культур. Такі мікси відрізняються різноманітністю смакових характеристик, текстури та кольорової гами, тому широко використовуються для приготування салатів, м'ясних страв і ресторанної подачі.

Крім зазначених культур, економічно доцільним є вирощування базиліку, броколі, дайкону, гречки, конюшини, льону та люцерни, які характеризуються високою харчовою цінністю та стабільним попитом серед споживачів [5].

Організація виробництва мікрозелені передбачає використання спеціалізованого обладнання, необхідного для створення оптимальних умов росту рослин. Основу технологічного оснащення становлять багаторусні стелажні конструкції з лотками, які забезпечують раціональне використання площі та дають змогу підвищити ефективність вирощування в умовах обмеженого простору [1].

Важливим елементом технології є система штучного освітлення. Для забезпечення інтенсивного росту та рівномірного розвитку рослин над кожним ярусом встановлюють фітолампи, які компенсують нестачу природного світла та підтримують необхідний рівень освітленості.

Для підтримання оптимального мікроклімату виробничі приміщення оснащують системами вентиляції, опалення та кондиціонування повітря. Це дозволяє регулювати температурний режим і забезпечувати стабільні умови вирощування незалежно від пори року. З метою підтримання необхідного рівня вологості доцільним є використання рекуператорів або інших систем контролю мікроклімату.

Ефективність виробництва також значною мірою залежить від організації поливу. Застосування автоматизованих систем зрошення дає можливість рівномірно забезпечувати рослини вологою, зменшувати витрати води та оптимізувати трудові ресурси. Додатковому поширенню мікрозелені сприяє використання сучасного торговельного обладнання, яке забезпечує презентацію продукції, підтримання її свіжості та збереження якісних показників у процесі реалізації [4].

Таким чином, виробництво мікрозелені є перспективним та економічно доцільним напрямом аграрного підприємництва, який має значний потенціал для подальшого розвитку в умовах сучасного ринку.

Список використаних джерел:

1. Ковальов М.М. Вирощування мікрозелені салату ромен у NFT-системах залежно від впливу типу субстрату *Зрошуване землеробство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Видавничий дім «Гельветика»*, 2021, вип. 75. С. 48–52.
2. Лишенко М.О Основні тенденції збуту та формування цін на овочі в Україні. *Економіка і суспільство*. 2016. Вип. 5. С. 207–215.
3. Сабадин В.Я. Особливості вирощування мікрогріну. *Аграрна освіта та наука: досягнення і перспективи розвитку: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 4-5 березня 2021 р.)*. Біла Церква : БНАУ, 2021. С. 142–144.
4. Сацук В.О. Апаратне забезпечення автоматизованого регулювання мікро- клімату теплиці. *Наукові нотатки*. 2013. Вип. 40. С. 245–250.
5. Улянич О. І., Ваховська А.В. Оцінка якості мікрозелені вирощеної на різних субстратах в умовах закритого ґрунту. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Ч.І. Сільськогосподарські науки*. Вип. 102. 2023. С. 223–233.
6. Vox G., Teitel M., Pardossi A., Minuto A, Tinivella F. And Schettini E. *Sustainable greenhouse systems*. Nova Science Publishers. 2010. P. 1–79.

ЗБЕРЕЖЕННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА ЯК АКТУАЛЬНА ПРОБЛЕМА СУЧАСНОГО АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Арендаренко В.М., Семенов А.О. (м. Полтава)

Агропромисловий комплекс України є однією з провідних сфер національної економіки, яка забезпечує продовольчу безпеку держави, формує експортний потенціал та створює основу для сталого розвитку сільських територій. Водночас сучасний стан аграрного виробництва характеризується

значною кількістю технічних, технологічних, енергетичних та екологічних проблем, що потребують комплексного наукового й інженерного вирішення [1].

Однією з важливих проблем агропромислового комплексу є збереження якості зернової продукції на всіх етапах післязбиральної обробки, транспортування, завантаження, зберігання та розвантаження. Зерно є стратегічним продуктом для України, тому зниження його втрат, збереження посівних, харчових і технологічних властивостей має важливе економічне та екологічне значення [1].

У сучасних умовах значна частина зернового матеріалу зберігається у металевих силосах великої місткості. Такі споруди забезпечують механізацію технологічних процесів, однак під час транспортування та завантаження зерно багаторазово взаємодіє з робочими органами норій, транспортерів, завантажувальних і розподільчих пристроїв. Унаслідок цього виникають механічні пошкодження зернівок, які можуть проявлятися у вигляді мікро- та макротравм, тріщин оболонки, пошкодження зародка або часткового руйнування зерна [1, 2].

Особливо небезпечним є травмування насіннєвого зерна, оскільки навіть незначні пошкодження зародка знижують енергію проростання, польову схожість і майбутню врожайність. Крім того, пошкоджене зерно менш стійке під час зберігання, інтенсивніше дихає, виділяє більше теплоти й вологи, а також швидше уражується мікроорганізмами. Це може спричинити самозігрівання зернової маси, погіршення її якості та збільшення втрат продукції [1].

До основних чинників, які впливають на рівень пошкодження зерна під час технологічних операцій, належать фізико-механічні властивості зернового матеріалу, вологість, форма і розміри зернівок, коефіцієнти тертя, швидкість руху транспортних органів, висота падіння зерна, геометричні параметри

завантажувальних пристроїв та умови взаємодії зернового потоку з поверхніми обладнання [1, 3].

Важливе значення має дослідження ударної взаємодії зернівок з твердими поверхніми силосних споруд. У роботі [2] розглянуто процес падіння кукурудзяного зерна на бетонне дно силосу, що є характерним для початкової стадії завантаження високих ємностей. Така взаємодія супроводжується виникненням ударних навантажень, які можуть призводити до пошкодження оболонки, ендосперму або зародка зернівки. Тому визначення умов, за яких відбувається травмування зерна, є важливим для вибору раціональних технологічних режимів завантаження та конструктивних параметрів обладнання [2].

Важливим напрямом розв'язання цієї проблеми є удосконалення конструкцій пристроїв для обережного завантаження зерна в силосні споруди. Застосування гравітаційних, каскадних, спіральних і розподільчих пристроїв дає можливість зменшити швидкість падіння зерна, знизити ударні навантаження, забезпечити рівномірніше формування зернового насипу та зменшити сегрегацію зернової маси [1].

Окрему увагу слід приділяти математичному моделюванню процесів взаємодії зернівок із робочими поверхніми обладнання. Моделювання руху зернового потоку дозволяє встановити раціональні параметри завантажувальних пристроїв, визначити критичні режими руху, оцінити вплив висоти падіння, кута нахилу поверхонь, коефіцієнта тертя та швидкості руху на ймовірність травмування зерна [1, 2].

Сучасні проблеми агропромислового комплексу не обмежуються лише питаннями збереження зерна. Вони також охоплюють енергоефективність технологічних процесів, автоматизацію виробництва, зменшення втрат продукції, підвищення екологічної безпеки, цифровізацію аграрного сектору та впровадження інноваційних методів контролю якості [3–5]. Зокрема,

перспективним є використання комп'ютерного зору, штучного інтелекту, сенсорних систем і неруйнівних методів контролю для виявлення пошкоджень зернівок та моніторингу стану зернової маси під час зберігання [1].

Таким чином, однією з актуальних проблем агропромислового комплексу є забезпечення збереження якості зернової продукції під час післязбиральної обробки, транспортування та зберігання. Її розв'язання потребує комплексного підходу, що поєднує дослідження фізико-механічних властивостей зерна, аналіз ударної взаємодії зернівок із поверхнями силосних споруд, математичне моделювання технологічних процесів, удосконалення конструкцій завантажувальних пристроїв та впровадження сучасних засобів контролю. Застосування інженерних рішень для безпечного завантаження зерна в силосні споруди сприятиме зменшенню його травмування, підвищенню якості зберігання, скороченню виробничих втрат і підвищенню ефективності агропромислового виробництва [1, 2].

Список використаних джерел:

1. Арендаренко В.М., Семенов А.О., Іванов О.М. Інженерні основи безпечного завантаження зерна в силосні споруди : монографія. Полтава, 2026. 225 с. 2. Арендаренко В., Харак Р., Семенов А., Самойленко Т. Про ударну взаємодію падіння кукурудзяного зерна на бетонне дно силосу. Науковий прогрес та інновації. 2025. Т. 28, № 2. С. 266–270. 3. Подпрятков Г.І., Скалецька Л.Ф., Сеньков А.М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Київ : Вища освіта, 2004. 272 с. 4. Шаповаленко О.І., Євтушенко О.О. Зберігання і переробка сільськогосподарської продукції. Київ : Центр учбової літератури, 2008. 320 с. 5. ДСТУ 3768:2019. Пшениця. Технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. 19 с.

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЯК
СКЛАДОВА РОЗВ'ЯЗАННЯ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ
АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ**

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

Агропромисловий комплекс України є енергоємною галуззю, ефективність функціонування якої значною мірою залежить від надійності, безпечності та економічності систем електропостачання. Сучасні аграрні

підприємства використовують значну кількість електроприймачів: електродвигуни насосів, вентиляторів, транспортерів, компресорів, зерноочисного, сушильного, кормоприготувального та іншого технологічного обладнання. Тому однією з актуальних проблем агропромислового комплексу є зменшення втрат електроенергії та підвищення енергоефективності внутрішніх електричних мереж [1].

У сучасних умовах зростання вартості енергоресурсів питання енергозбереження набуває особливого значення. Енергоефективна система електропостачання повинна забезпечувати не лише безперервне живлення технологічного обладнання, а й мінімізацію втрат електроенергії, раціональне завантаження трансформаторів, правильний вибір кабельних ліній, комутаційно-захисної апаратури та засобів компенсації реактивної потужності [1, 2].

Одним із ключових етапів проєктування систем електропостачання підприємств агропромислового комплексу є визначення розрахункових електричних навантажень. Від точності цього етапу залежить вибір силових трансформаторів, перерізів кабельних ліній, шин, автоматичних вимикачів, а також оцінка втрат потужності та електроенергії в мережі. У роботі [1] розглянуто методичні підходи до оцінювання проєктних навантажень у мережах електропостачання 0,38 кВ, що є важливим для аграрних і промислових об'єктів із нерівномірним графіком електроспоживання.

Для агропромислових підприємств характерною є значна частка асинхронних електродвигунів, які створюють реактивне навантаження. Наявність реактивної потужності призводить до збільшення струмів у мережі, додаткових втрат активної потужності, зниження пропускної здатності ліній і трансформаторів, а також погіршення режимів напруги. Тому компенсація реактивної потужності є одним із найефективніших напрямів підвищення енергоефективності електропостачання [1, 2].

Застосування автоматично регульованих конденсаторних установок дає змогу підвищити коефіцієнт потужності, зменшити повну потужність, яка передається елементами мережі, та знизити навантаження на трансформаторне обладнання. Це особливо важливо для об'єктів агропромислового комплексу, де електричне навантаження змінюється залежно від сезону, технологічного циклу, режимів роботи насосних станцій, зерносушарок, вентиляційних установок і транспортних механізмів.

Важливою складовою енергоефективного електропостачання є зменшення втрат електроенергії в розподільчих мережах. У роботі [2] розглянуто питання розрахунку втрат електроенергії в розподільчих мережах з урахуванням застосування різних типів комутаційного обладнання. Це має практичне значення для агропромислових підприємств, оскільки втрати електроенергії безпосередньо впливають на собівартість продукції, експлуатаційні витрати та загальну енергоефективність виробництва.

Окремої уваги потребує надійність розподільчих пристроїв і комутаційного обладнання. Для аграрних підприємств навіть короточасні перерви в електропостачанні можуть призвести до порушення технологічних процесів: зупинки насосних установок, вентиляції тваринницьких приміщень, зерносушильного обладнання, холодильних установок або систем автоматизованого керування. Тому модернізація розподільчих пристроїв, застосування сучасних вимикачів і захисної апаратури є важливим напрямом підвищення надійності електропостачання [2, 3].

У роботі [3] розглянуто підвищення надійності розподільчого пристрою 220 кВ шляхом модернізації. Хоча дослідження стосується енергетичного об'єкта високої напруги, його положення мають важливе методичне значення для електроенергетичної інфраструктури агропромислового комплексу, оскільки надійність живлення сільськогосподарських підприємств залежить від стану як внутрішніх, так і зовнішніх електричних мереж.

Важливим напрямом розвитку електропостачання агропромислових підприємств є також удосконалення повітряних ліній електропередачі та їх захисту від атмосферних перенапруг. У сільській місцевості значна частина електропостачання здійснюється саме повітряними лініями, тому питання їх конструктивної надійності, блискавкозахисту та стійкості до зовнішніх впливів має важливе практичне значення. У роботі [4] проаналізовано методи розрахунку конструкцій і блискавкозахисту повітряних ліній з ізольованими проводами.

Отже, сучасні проблеми агропромислового комплексу значною мірою пов'язані не лише з технологіями виробництва та зберігання продукції, а й з ефективністю використання енергетичних ресурсів. Підвищення енергоефективності систем електропостачання аграрних і промислових об'єктів повинно базуватися на точному визначенні електричних навантажень, компенсації реактивної потужності, раціональному виборі трансформаторів, кабельних ліній і захисної апаратури, а також на зменшенні втрат електроенергії.

Список використаних джерел:

1. Semenova N., Semenov A., But A. Methodology for assessing design loads in 0.38 kV power supply networks. *Slovak International Scientific Journal*. 2025. No. 98. P. 6–11. DOI: 10.5281/zenodo.16892485.
2. Семенов А. О., Харак Р. М., Арендаренко В. М., Бичков Я. М. Розрахунок втрат електроенергії в розподільчих мережах при електропостачанні з використанням масляних та вакуумних вимикачів. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність. 2024. № 1 (8). С. 105–110. DOI: 10.20998/2224-0349.2024.01.13.
3. Цицак Т. П., Семенова Н. В., Семенов А. О. Підвищення надійності розподільчого пристрою 220 кВ на тепловій електростанції шляхом модернізації. *Вісник Приазовського державного технічного університету*. Серія: Технічні науки. 2025. Вип. 51. С. 127–133. DOI: 10.31498/2225-6733.51.2025.344826.
4. Семенов А., Семенова Н. Аналіз методів розрахунку конструкцій та блискавкозахисту повітряних ліній з ізольованими проводами. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. 2025. № 4 (26). С. 72–77. DOI: 10.20998/2413-4295.2025.04.11.

МОЛЕКУЛЯРНІ АСПЕКТИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ У ПРОФІЛАКТИЦІ ЗАРАЗНИХ ХВОРОБ БДЖІЛ

Тітаренко О.В. (м. Полтава)

В організмі медоносних бджіл, як і в інших комах, не виробляються антитіла. Тому донедавна розробки вакцин для профілактики їхніх інфекційних хвороб не проводились. Дослідники з австрійського Інституту біології Карл-Франценс Університету Граца, зокрема Даліаль Фрейтак, яка є однією з засновників компанії Dalan Animal Health, у 2015 році виявили, що в жировому тілі організму медоносних бджіл (*Apis mellifera*), як в і інших комах, синтезується специфічний глікопротеїн вітелогенін, що активує їхній імунітет [1]. Вітелогенін також відомий як попередник білків жовтка яєць, він приймає участь у забезпеченні яйцеклітин, що розвиваються, поживними речовинами [1]. Імунна система комах може розпізнавати специфічні патогени та активувати імунітет потомства. Висока специфічність імунного праймінгу може бути досягнута, коли самки комах переносять імунні еліситори в ооцити, що розвиваються. Молекулярний механізм цього перенесення залишався загадкою. Вченими Salmela H., Amdam G. V. і Freitak D. було встановлено, що білок яєчного жовтка вітелогенін є носієм імунних еліситорів. Використовуючи модельну систему медоносної бджоли *Apis mellifera*, за допомогою мікроскопії та вестерн-блоттингу вони виявили, що вітелогенін зв'язується з грампозитивними бактеріями *Paenibacillus larvae*, що викликають американський гнилець, та з грамнегативними бактеріями *Escherichia coli*. Також було підтверджено, що вітелогенін зв'язується з молекулярними структурами, пов'язаними з патогенами: ліпополісахаридом, пептидогліканом та зимозаном, використовуючи поверхневий плазмонний резонанс. Було доведено, що вітелогенін необхідний для транспортування фрагментів клітинної стінки *E. coli* в яйця, шляхом візуалізації зрізів тканин. Ці експерименти визначають вітелогенін, який широко поширений у яйцекладних

видів, як носія сигналів імунного праймінгу. Ця робота розкриває молекулярне пояснення трансгенераційного імунітету у комах та раніше неописану роль вітелогеніну [2].

Вітелогенін зв'язується з молекулами бактеріального походження - такими як ліпополісахариди і пептидоглікан - і після потрапляння в організм комах переносить їх по кровоносній системі в яйця матки, тим самим імунізуючи всю колонію бджіл [1]. Дослідження ефективності першої у світі пероральної вакцини для медоносних бджіл, розробленої американською компанією Dalan Animal Health, показали, що вакцина Dalan знижує смертність личинок на 30-50%, чого достатньо, щоб запобігти розвитку захворювання бджіл у вуликах на американський гнилець, інфекційне захворювання, викликане бактерією *Paenibacillus larvae*. Компанія Dalan Animal Health також розробляє вакцини проти європейського гнильця бджіл, що викликається бактерією *Melissococcus plutonius*, мікозу бджіл - аскосферозу, та володіє патентами, що описують вакцинацію інших економічно важливих комах, таких як шовкопряди [1].

Також вченими провідної біотехнологічної компанії GreenLight Biosciences Vadescana на основі дволанцюгової РНК (dsRNA), що складається з 372 пар основ, розроблений інноваційний препарат Вадескана, який блокує життєво важливі гени кліща *Varroa destructor*, пригнічуючи його розмноження у вуликах медоносних бджіл, і є альтернативою традиційним хімічним методам контролю [3].

Список використаних джерел:

1. First bee vaccine. *Nature Biotechnology*. 2023. Vol. 41, 163 p. <https://doi.org/10.1038/s41587-023-01694-y>
2. Salmela, H., Amdam, G. V., & Freitak, D. (2015). Transfer of Immunity from Mother to Offspring Is Mediated via Egg-Yolk Protein Vitellogenin. *PLoS Pathogens*, 11(7). <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1005015>
3. McGruddy, R. A., Smeele, Z.E., Manley, B., Masucci, J.D., Haywood, J. and Lester, P.J. (2024), RNA interference as a next-generation control method for suppressing *Varroa destructor* reproduction in honey bee (*Apis mellifera*) hives. *Pest Manag Sci*, 80: 4770-4778. <https://doi.org/10.1002/ps.8193>

ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБКА НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ГУМІНОВИМИ РЕЧОВИНАМИ

Сахно Т.В., Хоменко М.Р., Березовський К.С. (м. Полтава)

Метою роботи було дослідити вплив передпосівної обробки насіння пшениці гуміновими речовинами на показники проростання та початковий ріст рослин. В умовах зростаючого антропогенного навантаження та кліматичних змін особливої актуальності набуває пошук екологічно безпечних методів стимуляції росту рослин. Гумінові речовини розглядаються як ефективні природні біостимулятори, здатні активувати фізіолого-біохімічні процеси на ранніх етапах онтогенезу [1, 2].

Водночас важливо підкреслити, що гумати та гумінові кислоти не є тотожними поняттями. Гумінові кислоти – це фракція гумінових речовин, тоді як гумати є їх солями (найчастіше калію або натрію), що відрізняються розчинністю, доступністю та біологічною активністю. Крім того, властивості гуматів значною мірою залежать від їхнього походження (торф, леонардит, вермікомпост), способу отримання та ступеня очищення [1, 3]. У зв'язку з цим особливого значення набуває стандартизація гумінових препаратів, зокрема відповідно до підходів Міжнародного товариства гумінових речовин (IHSS), що забезпечує відтворюваність результатів і коректність інтерпретації експериментальних даних [1]. З огляду на це, однією з першочергових задач роботи є характеристика та уніфікація використовуваних гумінових препаратів, що дозволяє чітко визначити їх склад і властивості та коректно оцінити біологічний ефект.

Передпосівна обробка насіння (праймінг) гуматами сприяє активації метаболічних процесів, що передують проростанню, зокрема посиленню активності ферментів, відповідальних за мобілізацію запасних речовин насіння. У результаті цього підвищується енергія проростання, покращується

рівномірність сходів і збільшується відсоток схожості [2, 4]. Крім того, гумінові речовини стимулюють розвиток кореневої системи за рахунок активації клітинного поділу та формування бічних коренів, що має важливе значення для подальшого росту рослин [3].

Загалом праймінг насіння розглядається як ефективний фізіолого-біохімічний підхід до попередньої активації насіння, що забезпечує швидший та більш синхронний початок проростання [5,6]. У попередніх дослідженнях нами було розглянуто гідропраймінг для різних культур, зокрема віки [7] та гречки [8], який може слугувати базовою моделлю для порівняння з праймінгом гуматами, оскільки останній також здійснюється у водних розчинах. У результаті цього підвищується енергія проростання, покращується рівномірність сходів і збільшується відсоток схожості [2,4]. Крім того, гумінові речовини стимулюють розвиток кореневої системи за рахунок активації клітинного поділу та формування бічних коренів, що має важливе значення для подальшого росту рослин [3].

Встановлено, що ефективність гуматів значною мірою залежить від способу їх застосування. У літературі часто зазначається, що внесення гумінових речовин у вигляді розчинів на стадії проростків (*seedling stage*) демонструє більш виражений ефект порівняно з обробкою насіння. Це пов'язано з обмеженим проникненням гумінових сполук через оболонку насіння [3,9]. Проте саме передпосівна обробка має низку переваг, зокрема простоту застосування, можливість інтеграції у технологічні схеми насінництва та зменшення витрат на подальші обробки.

Механізм дії гумінових речовин включає регуляцію гормонального балансу (зокрема ауксиноподібну активність), стимуляцію синтезу білків і нуклеїнових кислот, а також покращення поглинання макро- і мікроелементів. Крім того, гумати можуть підвищувати стійкість рослин до абіотичних стресів

(посуха, засолення, температурні коливання) шляхом активації антиоксидантної системи [2,10].

Отримані результати та аналіз літературних джерел свідчать, що передпосівна обробка насіння пшениці гуміновими речовинами є перспективним агротехнологічним прийомом, який забезпечує підвищення посівних якостей насіння та сприяє формуванню більш життєздатних рослин. Разом з тим, необхідні подальші дослідження для оптимізації концентрацій, умов обробки та вивчення довготривалого впливу на продуктивність культури.

Список використаних джерел:

1. Stevenson F.J. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. Wiley, New York (1994).
2. Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A. *Physiological effects of humic substances on higher plants*. *Soil Biol. Biochem.* 34 (2002) 1527–1536.
3. Canellas L.P., Olivares F.L. *Physiological responses to humic substances as plant growth promoter*. *Chem. Biol. Technol. Agric.* 1 (2014).
4. Daur I., Bakhashwain A.A. *Effect of humic acid on growth and quality of crop plants*. *Pak. J. Bot.* 45 (2013) 21–25.
5. Sakhno, T., Marenych, M., Semenov, A., Sakhno, Y., & Jaisi, D. (2025). *Roles of seed priming in increasing the adaptability and productive potential of agricultural crops*. *Advances in Agronomy*, 131–197. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2024.11.004>
6. Недоборенко Ю. А., Сахно Т. В. Ефективність видів праймінгу на насіння зернових колосових культур. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 103–111.
7. Semenov, A., Sakhno, T., Hordieieva, O., Sakhno, Y., 2021. *Pre-sowing treatment of vetch hairy seeds, vicia villosa using ultraviolet irradiation*. *Glob. J. Environ. Sci. Manage* 7 (4), 555–564. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2021.04.05>
8. Ляшенко, В. В., Сахно, Т. В., Тригуб, О. В., & Семенов, А. О. (2022). Фізіологічна реакція рослин сортів гречки посівної *fagopyrum esculentum moench* за умови різних режимів гідропраймінгу на ранніх етапах онтогенезу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2(2), 30-38. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.03>
9. Jindo K., Martim S.A., Navarro E.C. et al. *Root growth promotion by humic acids*. *Plant Soil* 353 (2012) 209–220.
10. Khaled H., Fawy H.A. *Effect of humic acids on plant growth under salinity conditions*. *Soil Water Res.* 6 (2011) 21–29.

ОСОБЛИВОСТІ КОЛЬОРОВОГО ЗОРУ У РІЗНИХ ВИДІВ ТВАРИН

Яненко Д.С., Киричко О.Б. (м. Полтава)

Зоровий аналізатор відіграє ключову роль у забезпеченні життєдіяльності тварин, зокрема у процесах орієнтації, пошуку корму, уникнення небезпеки та соціальної поведінки. Одним із важливих аспектів зорового сприйняття є кольоровий зір, який визначається функціонуванням колбочкових фоторецепторів сітківки.

Сучасні дослідження свідчать, що різні види тварин мають суттєві відмінності у здатності сприймати кольори, що є результатом еволюційної адаптації до умов середовища існування. Зокрема, встановлено, що більшість ссавців характеризується дихроматичним зором, тоді як у птахів спостерігається більш складна система кольорового сприйняття [1].

Актуальність теми полягає у необхідності врахування особливостей зорового сприйняття при утриманні, годівлі та поведінковому менеджменті тварин, що має важливе значення для ветеринарної медицини та тваринництва [2].

Метою наших досліджень стало проведення порівняльного аналізу особливостей кольорового зору у різних видів тварин (велика рогата худоба, коні, свині, собаки, коти та птахи).

У роботі використано метод аналізу наукової літератури, зокрема статей, індексованих у міжнародних наукометричних базах даних. Проведено узагальнення результатів досліджень, присвячених фізіології зору та функціонуванню фоторецепторів у тварин. Методологічною основою стали праці авторів, що мають профілі в ORCID та представлені у базах PubMed і Scopus, зокрема роботи A. Kelber, D. Osorio та M. Vorobyev, присвячені механізмам кольорового зору у тварин [1-6].

Кольоровий зір визначається кількістю та спектральною чутливістю колбочок сітківки. У більшості ссавців, включаючи велику рогату худобу, коней, свиней, собак і котів, виявлено два типи колбочок, що зумовлює дихроматичний тип зору. Це означає здатність розрізняти переважно синій і жовтий спектри, тоді як червоні та зелені відтінки сприймаються обмежено [3].

У великої рогатої худоби та коней кольоровий зір менш розвинений, однак компенсується високою чутливістю до руху та контрасту. Вони здатні розрізняти переважно синій спектр ($\approx 400\text{--}500\text{ нм}$) та жовто-зелений спектр ($\approx 500\text{--}600\text{ нм}$), тоді як червоний колір сприймається обмежено. У свиней також

спостерігається дихроматичний зір, що дозволяє їм сприймати сині та зелені відтінки, але гірше розрізняти довгохвильовий спектр [6].

Собаки та коти характеризуються дихроматичним типом кольорового зору. Вони найкраще сприймають синьо-фіолетовий спектр ($\approx 400\text{--}500\text{ нм}$) та жовто-зелений спектр ($\approx 500\text{--}600\text{ нм}$), тоді як червоний і помаранчевий кольори практично не диференціюються та сприймаються як відтінки сірого. Проте у цих тварин добре розвинений сутінковий зір завдяки високій кількості паличок у сітківці, що є адаптацією до їх поведінкових особливостей [5].

На відміну від ссавців, птахи мають чотири типи колбочок, що забезпечує тетрахроматичний зір. Вони здатні сприймати широкий спектр хвиль – приблизно від 300 до 700 нм, включаючи ультрафіолетове випромінювання. Це має важливе значення для пошуку їжі, орієнтації та внутрішньовидової комунікації. Згідно з сучасними науковими концепціями, кольоровий зір формується не лише на рівні рецепторів, але й за рахунок складних нейронних механізмів обробки сигналів у центральній нервовій системі [1, 4].

Таким чином, кольоровий зір тварин визначається кількістю та функціональною активністю колбочок, більшість ссавців є дихроматами з обмеженим спектром кольорового сприйняття, птахи мають тетрахроматичний зір і здатні сприймати ширший спектр кольорів, особливості кольорового зору є результатом еволюційної адаптації, врахування цих особливостей має практичне значення у ветеринарній медицині та тваринництві.

Список використаних джерел:

1. Kelber A., Osorio D. *From spectral information to animal colour vision: experiments and concepts*. Proceeding of the royal society. 2010. Vol. 277 (1688). P. 1617-1625.
2. Kelber A., Vorobyev M., Osorio D. *Animal colour vision – behavioural tests and physiological concepts*. Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society. Vol. 78(1). P. 81-118.
3. Osorio D., Vorobyev M. *A review of the evolution of animal colour vision and visual communication signals*. Vision Research. 2008. Vol. 48(20). P. 2042-2051.
4. Scholtyšek C., Kelber A. *Color vision in animals: from dichromacy to tetrachromacy*. Der Ophthalmologe. 2017. Vol. 114(11). P. 978–985.
5. Neitz J., Geist T., Jacobs G. H. *Color vision in the dog*. Visual Neuroscience. 1989. Vol. 3(2). P. 119-125.
6. Stuhlträger J., von Borell E., Langbein J., Nawroth C., Rørvang M.V., Raoult C.M.C. *The role of light and vision in farmed ungulates and implications for their welfare*. Frontiers in Animal Science. 2025. Vol. 5. P. 1-1

МІКРОБНА ІНОКУЛЯЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ АДАПТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ДО ПОСУХОВОГО СТРЕСУ

Короткова І.В., Крайник О.О. (м. Полтава)

Посуховий стрес є одним із найпотужніших абіотичних чинників, що обмежує продуктивність сільськогосподарських культур і стабільність агровиробництва. У біотехнології рослинництва ця проблема розглядається як одна з ключових, що потребує впровадження екологічно безпечних підходів для підвищення адаптивності культур, зокрема пшениці озимої. Перспективним напрямом є використання мікробних препаратів на основі PGPR-мікроорганізмів, які здатні взаємодіяти з рослинами та впливати на їх ріст і фізіолого-біохімічний стан [1, 2]. Такі біопрепарати розглядаються як ефективний інструмент регуляції росту рослин і підвищення їх стійкості до абіотичного стресу.

У представленому дослідженні оцінювали ефективність бактеріального препарату «Мікофренд» у технології вирощування пшениці озимої сорту Подолянка за умов модельованого посухового стресу (70–40 % НВ). Передпосівна інокуляція насіння розглядалася як елемент біотехнологічного керування початковими етапами росту та розвитку рослин.

Отримані результати показали, що посуховий стрес суттєво обмежує ріст і розвиток проростків пшениці озимої, що проявляється у зменшенні довжини кореневої системи та пагона, а також у зниженні накопичення біомаси. Це відображає порушення водного режиму та пригнічення ростових процесів на ранніх етапах онтогенезу. Передпосівна інокуляція насіння бактеріальним препаратом «Мікофренд» забезпечувала часткову стабілізацію ростових параметрів в умовах водного дефіциту, що корелює з даними досліджень [3, 4]. Найбільш виражений ефект спостерігався у розвитку кореневої системи, що є критичним для адаптації рослин до посухи та ефективного водопоглинання.

Встановлено, що мікробна інокуляція сприяє формуванню більш функціонально активної кореневої системи, що вказує на активацію мікробіологічно опосередкованих механізмів регуляції росту рослин. Одночасно це супроводжується покращенням водного статусу проростків, що підтверджується підвищенням відносного вмісту води порівняно з контролем.

Проведений біохімічний аналіз засвідчив, що за умов посухового стресу в проростках пшениці активуються адаптаційні та захисні механізми, що супроводжується інтенсифікацією накопичення проліну як ключового осмопротектора та одночасним підвищенням рівня малонового діальдегіду, який є індикатором оксидативного пошкодження клітинних структур. Застосування бактеріального препарату дозволяло суттєво модифікувати характер цих реакцій: відмічено більш збалансовану активацію осмопротекторної системи з одночасним обмеженням інтенсивності перекисного окислення ліпідів. Зниження рівня малонового діальдегіду свідчить про послаблення оксидативного стресу та стабілізацію мембранних структур, тоді як підвищений вміст проліну відображає ефективну активацію внутрішніх механізмів адаптації рослин до водного дефіциту.

Таким чином, за результатами виконаного дослідження, можна стверджувати, що мікоризоутворюючий біопрепарат «Мікофренд» сприяє оптимізації ростових процесів, покращенню водного статусу та активації захисних фізіолого-біохімічних реакцій пшениці озимої за умов посухового стресу. Сукупність отриманих даних свідчить про здатність мікробної інокуляції модулювати адаптаційні механізми рослин і підвищувати їх стійкість до водного дефіциту. Результати дослідження підтверджують доцільність застосування PGPR-орієнтованих біопрепаратів як елементів біотехнологічних підходів до формування стрес-стійких агроценозів.

Список використаних джерел:

I. Chaika, T., Korotkova, I., Pospelova, G., Kovalenko, N., Liashenko, V. Adaptability of soybean under complex treatment with biopreparations of different nature in conditions of organic farming and hydrothermal stress. Studia Biologica. 2025. Vol. 19, no. 4. P. 119–136.

- <https://doi.org/10.30970/sbi.1904.852>. 2. Chaika, T., Korotkova, I., Liashenko, V., Pospelova, H., Onipko, V. Absciscic acid and biopreparations as markers of organic soybean adaptation to hydrothermal stress. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. 2025. Vol. 21, no. 3. P. 76–95. <https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2025.76>. 3. Chaika, T., Korotkova, I., Liashenko, V., et al. Economic assessment and innovation management for microbial-hormonal treatments in organic soybean under climate variability // *Rural Sustainability Research*. 2025. Vol. 54, no. 349. P. 60–78. <https://doi.org/10.2478/plua-2025-0018>. 4. Chaika T., Korotkova I., Shevnikov M., Liashenko V., Horbenko O. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing treatment of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seeds. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. 2025. Vol. 21, no. 2. P. 106-119.

ВПЛИВ НОВІТНІХ БІОСТИМУЛЯТОРІВ СЕРІЇ «GRAND» НА СТАРТОВИЙ РОЗВИТОК ТА МОРФО-БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Кожушко К.С. (м. Полтава)

Пошук новітніх екологічно безпечних біостимулювальних речовин та вивчення механізмів їхньої дії на культурні рослини є одним із пріоритетних завдань сучасного агровиробництва. Останніми роками особлива увага дослідників прикута до фізіологічно активних сполук, які здатні оптимізувати біохімічні процеси та функціонування фотосинтетичного апарату зернових культур вже на початкових етапах розвитку [1].

Отримання дружних і рівномірних сходів зернових культур ускладнюється головною проблемою останніх років - недостатньою кількістю вологи в ґрунті та посушливими умовами з екстремальними позитивними температурами повітря у весняний період. На тлі цих кліматичних викликів визначальною стає стратегія передпосівної підготовки насіння з використанням ефективних захисно-стимулювальних комплексів, здатних нівелювати стресові чинники та забезпечити швидкий ростовий старт культури [2].

У сучасній інтенсивній технології вирощування зернових культур особливої гостроти набуває проблема зниження техногенного навантаження на агроєкосистеми. Як зазначають Безпалько В. В. та співавтори, традиційне

масштабне використання хімічних засобів захисту рослин і протруйників неминуче чинить депресивний вплив на екосистему та початкову якість насіннєвого матеріалу. Ефективною та екологічно безпечною альтернативою є інтеграція у виробництво новітніх фізико-біологічних методів та оптимізованих комплексів регуляторів росту, що забезпечують підвищення адаптивного потенціалу культури [3].

Сучасні технології вирощування зернових культур вимагають обов'язкового використання екологічно безпечних заходів та методів господарювання. У цьому контексті передпосівна обробка насіння пшениці озимої потребує коректного вибору препаратів із широким спектром впливу на комплекс морфологічних і фізіологічних показників проростків [4].

Метою роботи є визначення оптимальних рістрегулюючих концентрацій новітніх комплексних препаратів серії «Grand» та оцінка їх впливу на початкових етапах росту пшениці озимої.

Об'єктом дослідження слугувало насіння пшениці озимої. Схема досліду передбачала передпосівну обробку насіннєвого матеріалу трьома модифікаціями багатокomпонентних препаратів: базовим «Grand», а також лініями «Grand Allitti» та «Grand ERMEI». Кожен препарат досліджували у трьох концентраціях робочого розчину: 0,3%, 0,5% та 0,7% (отримані шляхом розведення відповідної кількості препарату в дистильованій воді до об'єму 100 мл). Контрольну групу насіння обробляли виключно дистильованою водою (H₂O).

Лабораторні досліди закладали у трикратній повторності по 50 насінин у кожному варіанті. Насіння пророщували в чашках Петрі на зволоженому фільтрувальному папері за стабільних гідротермічних умов у термостаті.

Обліки та заміри здійснювали відповідно до методики [5]:

1. На 4-ту добу проводили первинний підрахунок кількості пророслого насіння для визначення енергії проростання, яка відображає стартову дружність та швидкість фізіологічної активації зародка.

2. На 8-му добу фіксували фінальну лабораторну схожість насіння, а також проводили морфо-біометричні вимірювання: визначали середню довжину первинного кореня, висоту пагона та динаміку накопичення сирової біомаси окремих вегетативних органів проростків.

Аналіз посівних якостей насіння та морфо-біометричних параметрів проростків пшениці озимої засвідчив високу фізіологічну активність досліджуваних комплексних стимуляторів росту, а також виявив чітку залежність між хімічною модифікацією препарату, його концентрацією та характером ростових процесів.

Первинним етапом оцінки ефективності препаратів серії «Grand» було встановлення їхнього впливу на кінетику проростання насіння (Рис.1)

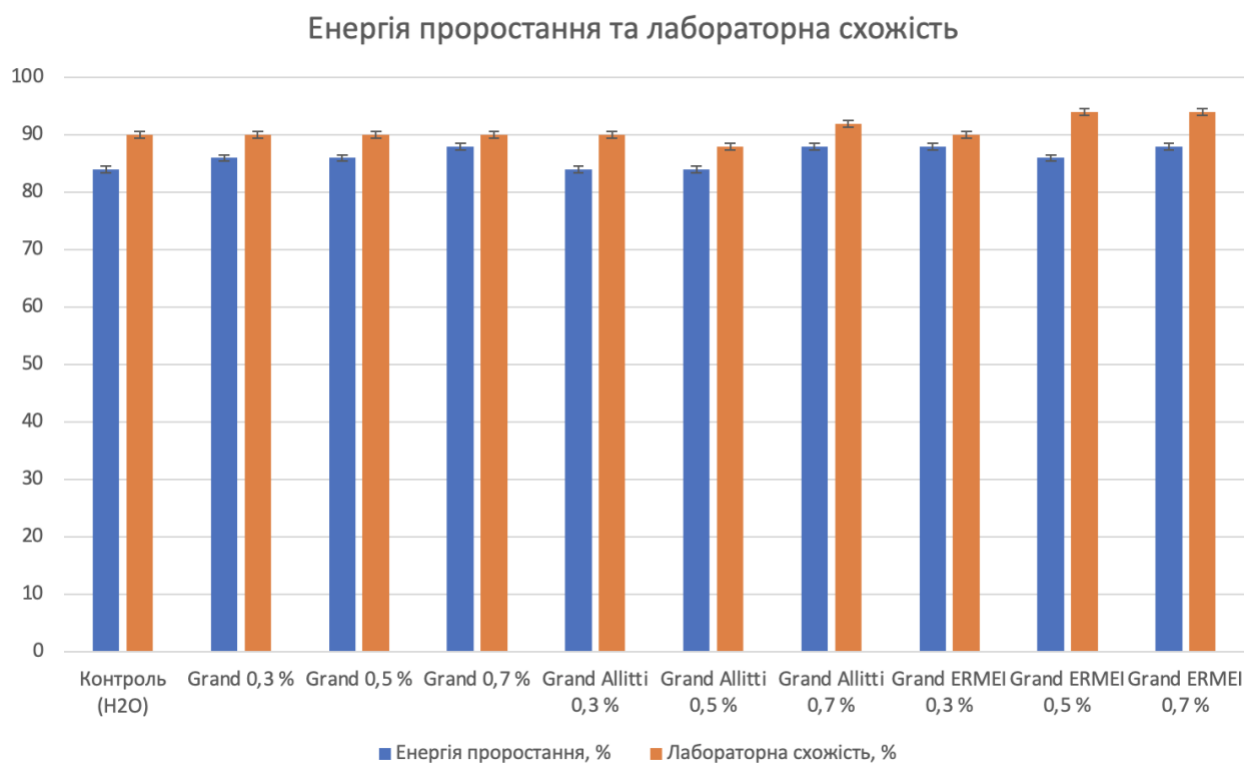


Рис. 1. Енергія проростання та лабораторна схожість насіння пшениці озимої за дії досліджуваних препаратів, %

У контролі енергія проростання насіння становила 84%, схожість - 90%. Базовий препарат «Grand» лише помірно підвищував енергію проростання (на 2-4%), не змінюючи фінальної схожості. Модифікація «Grand Allitti» виявилася ефективною лише в максимальній концентрації 0,7%, забезпечивши схожість на рівні 92%. Найвищу стимулювальну активність продемонстрував препарат «Grand ERMEI»: за мінімальної дози (0,3%) енергія проростання зросла на 4% , а концентрації 0,5% та 0,7% забезпечили максимальну в експерименті лабораторну схожість - 94% (+4% до контролю) , що свідчить про ефективну мобілізацію життєвого потенціалу насіння під дією його специфічного складу.

Подальші дослідження були спрямовані на вивчення росторегулюючого ефекту препаратів за морфометричними показниками первинної кореневої системи та пагона (табл. 1).

Таблиця 1

Морфометричні показники проростків пшениці озимої за дії біостимуляторів серії «Grand»

Варіант обробки	Середня довжина кореня, см	Середня висота пагона, см
Контроль (H ₂ O)	10,0	5,9
Grand 0,3 %	11,9	7,5
Grand 0,5 %	10,7	7,6
Grand 0,7 %	8,3	6,7
Grand Allitti 0,3 %	11,7	7,6
Grand Allitti 0,5 %	9,4	7,0
Grand Allitti 0,7 %	9,3	7,5
Grand ERMEI 0,3 %	13,3	8,1
Grand ERMEI 0,5 %	12,1	8,3
Grand ERMEI 0,7 %	12,8	8,1

Морфометричний моніторинг виявив чітку залежність ростових процесів від дозування препаратів. Для базового «Grand» та лінії «Grand Allitti» максимальну довжину кореня зафіксовано за мінімальної концентрації 0,3%

(11,9 см та 11,7 см відповідно проти 10,0 см у контролі). Подальше збільшення концентрації призводило до згасання стимулювального ефекту, а варіант Grand 0,7% виявив ретардантну дію - довжина кореня зменшилась до 8,3 см (на 17% менше за контроль), що узгоджується з даними щодо інгібуючого тиску надмірних доз біологічно активних речовин [2]. На противагу цьому, препарат «Grand ERMEI» забезпечив стабільну стимуляцію в усьому діапазоні доз: варіант Grand ERMEI 0,3% став лідером за ростом кореня (13,3 см; +33%), а варіант 0,5% - за висотою пагона (8,3 см проти 5,9 см у контролі).

Для повноти оцінки фізіологічного стану рослин було досліджено динаміку накопичення сирової біомаси вегетативних органів (табл. 2).

Таблиця 2

Накопичення сирової біомаси органами проростків пшениці озимої

Варіант обробки	Середня маса коріння, г	Середня маса пагона, г
Контроль (H ₂ O)	0,215	0,253
Grand 0,3 %	0,184	0,328
Grand 0,5 %	0,212	0,327
Grand 0,7 %	0,095	0,299
Grand Allitti 0,3 %	0,33	0,37
Grand Allitti 0,5 %	0,215	0,333
Grand Allitti 0,7 %	0,204	0,345
Grand ERMEI 0,3 %	0,236	0,351
Grand ERMEI 0,5 %	0,25	0,357
Grand ERMEI 0,7 %	0,237	0,352

Аналіз накопичення сирової біомаси (табл. 2) показав, що лінійні розміри проростків не завжди корелюють з їхньою вагою. Зокрема, варіант Grand Allitti 0,3% забезпечив формування найбільш розгалуженої структури органів із максимальною масою коріння (0,330 г) та пагонів (0,370 г), що перевищує контроль на 53,5% та 46,2% відповідно. Це вказує на здатність препарату стимулювати закладання додаткових корінців. За дії «Grand ERMEI» маса

пагонів залишалася стабільно високою (0,351–0,357 г) у всьому діапазоні доз. Натомість варіант Grand 0,7% підтвердив інгібуючий ефект передозування фізіологічно активних речовин, викликавши критичне падіння маси коренів до 0,095 г.

Встановлена здатність модифікованих комплексів серії «Grand» оптимізувати параметри проростків узгоджується з висновками вітчизняних дослідників щодо високої значущості використання стимулювальних речовин універсального характеру для зниження фізіологічного тиску на зародок [3]. Перспективність застосування подібних багатокомпонентних гуматно-фульватних сполук підтверджується й іншими сучасними дослідженнями, де оптимізовані суміші ефективно знімали ретардантний ефект та максимізували накопичення маси проростками [4].

Передпосівна обробка насіння пшениці озимої препаратами серії «Grand» чинить виражений стимулювальний вплив на ранній онтогенез, що детермінується їхнім складом та концентрацією. Найефективнішим активатором ростових процесів є «Grand ERMEI»: у концентрації 0,5–0,7% він забезпечує максимальну схожість (94%, що на 4% вище контролю), а в дозі 0,3% є оптимумом для ризогенезу, збільшуючи довжину кореня до 13,3 см (+33%). Натомість висока концентрація базового препарату (Grand 0,7%) виявляє ретардантний ефект. Максимальну інтенсивність накопичення сирої біомаси гарантує модифікація «Grand Allitti» 0,3%, яка забезпечує формування найпотужнішої структури проростків із приростом маси коріння на 53,5% та пагонів на 46,2% відносно контролю.

Список використаних джерел:

1. Левішко А.С., Гуменюк І.І., Цвігун В.О., Мазур С.О., Боцула О.І. Вплив полігуанідину на спрямованість біохімічних процесів у рослинах пшениці (*Triticum L.*). *Агроекологічний журнал*. 2023. № 1. С. 136-145. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2023.276739>
2. Мельников О. В., Дребот О. І., Миролюбов О. В. Підвищення енергії проростання та схожості насіння пшениці сорту Краєвид при комплексному застосуванні біопрепаратів з протруйником. *Навчально-науковий інститут природничих і аграрних наук: Дні науки – 2024: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції / ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»; укладачі: Мацай Н. Ю., Кирпичова І. В.,*

Березенко К. С. – Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2024. С. 125-126. 3. Bezpalko, V. V., Stankevych, S. V., Zhukova, L. V., Zabrodina, I. V., Turenko, V. P., Horyainova, V. V., & Matsyura, A. V. Pre-sowing seed treatment in winter wheat and spring barley cultivation. *Ukrainian journal of ecology*. 2020. Vol. 10, No. 6. P 255-268. DOI: 10.15421/2020_291 4. Zhilyak, I. D., Slobodianyk, H. Y., & Zabolotnyi, O. I. Winter wheat seed germination depends on pre-sowing treatment with growth regulators. *Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*. 2024. Vol. 84, No. 1. P. 66-73. <https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.1.9> 5. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 170 с. (Національний стандарт України). 6. Кожушко К.С., Ромашко Т.П. Роль біостимуляторів у підвищенні врожайності та стійкості рослин до абіотичних стресів // ХІМІЯ, БІОТЕХНОЛОГІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ОСВІТА: Збірник матеріалів IX Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 15-16 травня 2025 року). – Полтава, 2025. С.310-314 7. Кожушко К.С. Роль гумінових речовин при підвищеній стресостійкості рослин // XVIII Полтавські хімічні читання: Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції, (Полтава, 12 – 13 березня 2025 р.) / М-во освіти і науки України, Полтав. нац. пед. ун-т ім. В. Г. Короленка [та ін.] – Полтава: Редакційно-видавничий відділ ПНПУ імені В. Г. Короленка. 2025. - с. 32-36 8. Кожушко К.С. Порівняльний аналіз впливу біостимуляторів на посівні якості сої в лабораторних умовах. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 147-151 DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.24> 9. Ласло О.О., Кожушко К.С. Ефективність застосування біостимуляторів у покращенні схожості, енергії проростання та нарощування біомаси сої. *SWorldJournal. Issue № 34. Part 2. Bulgaria*. 2025. С. 206-217. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2025-34-02-003>

ОБҐРУНТУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ «ГРАУНДФІКС»

Короткова І.В., Старченко Т.А. (м. Полтава)

Сучасний вектор розвитку промислової біотехнології спрямований на конструювання поліфункціональних мікробних консорціумів, здатних до спрямованої регуляції фізіолого-біохімічних процесів в онтогенезі рослин [1]. Особливий науково-практичний інтерес становлять багатокомпонентні бактеріальні біопрепарати, що поєднують у своєму складі штами-продуценти з синергічними механізмами біологічної активності: азотфіксувальною, фосфатмобілізувальною, рістстимулювальною та адаптогенною властивостями [2].

Метою роботи було оцінювання фізіолого-біохімічного впливу біопрепарату на початкові етапи онтогенезу пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.).

Полікомпонентний мікробний препарат «Граундфікс», містить штами бактерій з різним метаболічним профілем [3]: *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* var. *Phosphaticum*, *Azotobacter chroococcum*, *Paenibacillus polymyxa*.

Передпосівну інокуляцію насіння пшениці здійснювали водними розчинами препарату у градієнті концентрацій: 3%, 5%, 10% та 15%.

Лабораторний скринінг біологічної ефективності препарату виявив чітку залежність ростових процесів від дози інокуляту. Передпосівна обробка насіння позитивно корелювала з показниками енергії проростання та лабораторної схожості.

Максимальний стимулювальний ефект зафіксовано за екзогенної дії 5% та 10% розчинів препарату. Натомість підвищення концентрації до 15% супроводжувалося нівелюванням позитивного ефекту, що, ймовірно, зумовлено дією фітогормонів, яка інгібує елонгацію клітин.

Морфометричний аналіз проростків засвідчив активацію ризогенезу та елонгації колеоптиля під впливом бактеріальних метаболітів. В інокульованих варіантах спостерігали збільшення лінійних розмірів пагонів, інтенсивніше розгалуження кореневої системи та зростання маси сирої і сухої речовини відносно контролю.

Для оцінки ефективності дії препарату для підвищення толерантності проростків до умов посухи визначали вміст вільного проліну. Встановлено накопичення проліну в усіх дослідних варіантах. Оскільки пролін виконує функцію стабілізатора макромолекул та індуктора антиоксидантних ферментів, підвищення його ендогенного рівня свідчить про експресію адаптаційних генів, активацію антистресових механізмів та істотне підвищення адаптаційного потенціалу проростків пшениці до абіотичних факторів довкілля.

Отримані результати підтверджують ефективність дії асоціацій фосфатмобілізувальних та азотфіксувальних бактерій у складі мікробного препарату «Граундфікс» і демонструють доцільність його використання у технологіях вирощування зернових культур.

Список використаних джерел:

1. Errington J, Aart LTV. Microbe Profile: *Bacillus subtilis*: model organism for cellular development, and industrial workhorse. *Microbiology (Reading)*. 2020 May;166(5):425-427. doi: 10.1099/mic.0.000922. 2. Tian J., Ge F., Zhang D., Deng S., Liu X. Roles of phosphate solubilizing microorganisms from managing soil phosphorus deficiency to mediating biogeochemical P cycle // *Biology*. 2021. Vol. 10, № 2. Article 158. DOI: 10.3390/biology10020158. 3. Khan M. S., Zaidi A., Ahmad E. Mechanism of phosphate solubilization and physiological functions of phosphate-solubilizing microorganisms // *Sustainable Agriculture Reviews*. 2021. Vol. 48. P. 31–62.

**ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ РІЗНИМИ
КОНЦЕНТРАЦІЯМИ ПРЕПАРАТУ «ГУМІСОЛ-ПЛЮС» НА ПОСІВНІ
ЯКОСТІ ТА МОРФОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ КУКУРУДЗИ**

Короткова І.В., Тристан Д.В. (м. Полтава)

Кукурудза (*Zea mays L.*) на початкових етапах росту дуже чутлива до умов вирощування, особливо до забезпечення вологою та поживними речовинами. Саме в період від набухання насіння до появи перших листків формуються основні елементи майбутньої рослини та закладається її продуктивність. Рівномірні й дружні сходи забезпечують кращий розвиток посівів, зменшують конкуренцію з бур'янами та підвищують стійкість рослин до несприятливих умов [1].

Одним із сучасних і екологічно безпечних способів покращення росту кукурудзи є передпосівна обробка насіння біологічно активними препаратами. До таких препаратів належить органо-мінеральне добриво «Гумісол-Плюс», створене на основі вермікомпосту. Препарат містить гумінові та фульвокислоти, амінокислоти, вітаміни, природні фітогормони, а також макро- і мікроелементи у доступній для рослин формі. Завдяки цьому він активізує

фізіологічні процеси у насінні, покращує поглинання води та стимулює ріст проростків [2, 3].

Метою роботи було дослідити вплив різних концентрацій препарату «Гумісол-Плюс» на енергію проростання, лабораторну схожість та морфометричні показники проростків кукурудзи для використання у технологіях вирощування культури та підвищення продуктивності.

Передпосівну обробку насіння проводили методом напівсухого модельного протруювання робочими розчинами препарату «Гумісол-Плюс». Схема досліду включала такі варіанти: Контроль, «Гумісол-Плюс» 0,1%, «Гумісол-Плюс» 0,5% , «Гумісол-Плюс» 1,0% , «Гумісол-Плюс» 2,0% , «Гумісол-Плюс» 5,0%

Лабораторний дослід проводили у чотириразовій повторності по 100 насінин у кожному варіанті відповідно до вимог ДСТУ 4138:2002 [4]. Насіння пророщували у чашках Петрі в термостаті за температури 25 °С. Енергію проростання визначали на 3-тю добу, а лабораторну схожість – на 7-му добу. Після завершення пророщування проводили вимірювання морфометричних показників проростків.

Результати дослідження показали, що препарат «Гумісол-Плюс» суттєво впливає на процес проростання насіння кукурудзи. Найкращі показники були отримані у варіанті з концентрацією препарату 1,0%.

Енергія проростання у цьому варіанті становила 92,6%, що на 9,1% більше порівняно з контролем. Лабораторна схожість досягала 96,8%, перевищуючи контрольний варіант на 8,6%. Це свідчить про те, що така концентрація препарату створює оптимальні умови для активізації фізіологічних процесів у насінні та швидкого проростання.

За використання нижчих концентрацій препарату (0,1% і 0,5%) також спостерігалось покращення показників, проте ефект був менш вираженим. Підвищення концентрації до 2,0% дещо знижувало позитивний вплив

препарату, а концентрація 5,0% уже пригнічувала проростання насіння. У цьому варіанті лабораторна схожість була нижчою за контроль на 3,2%.

Морфометричні показники проростків також залежали від концентрації препарату. Найкращі результати отримано у варіанті з 1,0% розчином «Гумісол-Плюс». Довжина головного кореня збільшилася на 42,6% порівняно з контролем. Кількість корінців у середньому досягала 4,8 шт., що свідчить про краще формування кореневої системи. Висота пагона становила 12,3 см, що на 51,8% перевищувало контрольний показник.

Посилення ростових процесів супроводжувалося збільшенням сирої та сухої маси проростків. У варіанті з концентрацією 1,0% сира маса 10 проростків була більшою на 40,8%, а суха маса — на 42,3% порівняно з контролем. Це свідчить про активніше використання запасних поживних речовин насіння та інтенсивніший ріст молодих рослин.

На відміну від цього, концентрація 5,0% негативно впливала на ріст проростків. Довжина кореня зменшилася на 12,9%, а суха маса проростків становила лише 0,51 г, що підтверджує пригнічувальну дію надмірної концентрації препарату.

Отже, передпосівна обробка насіння кукурудзи препаратом «Гумісол-Плюс» позитивно впливає на посівні якості насіння та ріст проростків, однак ефективність препарату залежить від його концентрації. Найкращі результати забезпечила концентрація 1,0%, яка сприяла підвищенню енергії проростання, лабораторної схожості та покращенню морфометричних показників проростків кукурудзи.

Список використаних джерел:

1. Білявська Л. О., Каленська С. М. Вплив гумінових препаратів на продуктивність кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2021. № 4. С. 32–38. 2. Короткова І. В., & Карасенко В. М. Вплив систем удобрення з гуміновим препаратом на врожайність та прибутковість вирощування пшениці озимої. *Scientific Progress & Innovations*. 26(3). 17-21. 3. Короткова І. В. Гумінові сполуки: структурні особливості та функціональні можливості для технологічних застосувань. «Збалансований розвиток екосистем: сучасний стан і перспективи»: колективна монографія. Полтава: Астроя, 2024. ISBN 978-617-8231-88-0 С. 161–183. 4. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості.

[Чинний від 2004-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 170 с. (Національний стандарт України). 5. Ласло О.О., Тристан Д.В. Дослідження біометричних показників ранньостиглих гібридів кукурудзи залежно від удобрення та агрокліматичних ризиків. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка, № 4 (49) , 2025. С. 86-92 <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.13>

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

Irgibaeva Irina Smailovna - Doctor of science in chemistry, Professor of Chemistry Department, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev street, 2, 010000, NurSultan, Kazakhstan

Ivana Miletto - Department of Pharmaceutical Sciences, Università del Piemonte Orientale, Novara, Italy

Nesterkina Mariia - PhD (Bioorganic Chemistry), Associate Professor, Postdoctoral Researcher Helmholtz Institute for Pharmaceutical Research Saarland – Helmholtz Centre for Infection Research, Saarbrücken, Germany, mashaneutron@gmail.com

Paul Geo – Dr., Department of Science and Technological Innovation, Università del Piemonte Orientale, Viale T. Michel 11, 15121 Alessandria, Italy

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

Wyzińska Marta - doktor, assistant Department of Cereal Crop Production Institute

Арендаренко Володимир Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри будівництва та професійної освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380662729318, volodymyr.arendarenko@pdau.edu.ua

Байбарак Вероніка Олексіївна – здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Балюк Родіон Валерійович - здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Бараболя Ольга Валеріївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, olga.barabolia@pdau.edu.ua

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

Бедюх Вікторія Володимирівна – завідувач лабораторії кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету ім. В.Г. Короленка, м. Полтава, +380973581719, poziaapun@gmail.com

Бедюх Вадим Миколайович – здобувач вищої освіти Полтавського національного педагогічного університету ім. В.Г. Короленка, м. Полтава, +380973581719, poziaapun@gmail.com

Беззубенко Ярослав Олександрович – здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Бейдик Олександр Олександрович - здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Березовський Костянтин Сергійович – здобувач вищої освіти 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 - кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник 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

Білявський Юрій Вікторович – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, фахівець 2 категорії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380502173588

Бродський Роман Євгенійович – кандидат фізико-математичних наук, старший жослідник, старший науковий співробітник Інституту сцинтиляційних матеріалів НТК «Інститут монокристалів» НАНУ, м. Харків, r.brodszkii@gmail.com

Бузюк Анна Валеріївна – здобувач вищої освіти Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ

Вадько Віта Анатоліївна - здобувач вищої освіти Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ

Ващенко Ольга Валеріївна – доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту сцинтиляційних матеріалів НТК «Інститут монокристалів» НАНУ, м. Харків, +380573410358, olga_v@isma.kharkov.ua

Ващенко Павло Володимирович – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Інституту сцинтиляційних матеріалів НТК «Інститут монокристалів» НАНУ, м. Харків, pv@isma.kharkov.ua

Волков Ілля Русланович - здобувач вищої освіти Полтавського національного педагогічного університету ім. В.Г. Короленка, м. Полтава

Галаган Анастасія Сергіївна - здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Галушко Ірина Андріївна - здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Готвянський Вячеслав Михайлович – здобувач вищої освіти Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків

Грабовський Микола Борисович – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри рослинництва та цифрових технологій в агрономії Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380963160785, nikgr1977@gmail.com

Грегірчак Наталія Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету біотехнології та екологічного контролю Національного університету харчових технологій, м. Київ, +380677246001, G_natal@ukr.net

Грецький Ігор Олександрович – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біотехнології, шкіри та хутра Київського національного університету технологій та дизайну, м. Київ, +380509199364, ihorhretskyi@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

Давиденко Катерина Костянтинівна – здобувач вищої освіти Полтавського національного педагогічного університету ім. В.Г. Короленка, м. Полтава

Даценко Віта Василівна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та хімічні технології Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, +380978809295, dacenkovita14@gmail.com

Деркач Анастасія Віталіївна – здобувач вищої освіти Полтавського національного педагогічного університету ім. В.Г. Короленка, м. Полтава

Дженюк Анатолій Володимирович – доцент, доцент кафедри фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Anatolii.Dzhensuk@kpi.kharkov.ua

Дрожжана Ольга Урешівна – старший викладач кафедри механічної та електричної інженерії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, olga.drozhchana@pdau.edu.ua

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, Iryna.Yermolenko@khpi.edu.ua

Желавська Юлія Анатоліївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, +380957736850, juliazhelavska@gmail.com

Зайка Світлана Олександрівна – старший викладач кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і систем Національного університету «Полтавська

політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, +380689217025, zaikasvetlana@gmail.com

Звенігородська Таміла Владиславівна – кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри хірургії та акушерства Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Зюбанова Світлана Іванівна - науковий співробітник кафедри фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Zyubanova@kpi.kharkov.ua

Івченко Вікторія Дмитрівна - кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біотехнології та хімії Сумського національного аграрного університету, м. Суми, +380507529916, Ivchenkovd@gmail.com

Іщенко О. - менеджер компанії Українські Ветеринарні Технології, м. Полтава

Каракуркчі Ганна Володимирівна – доктор технічних наук, старший дослідник, начальник наукового центру Національного університету оборони України ім. Івана Черняхівського, м. Київ, anyutikukr@gmail.com

Карнаух Дар'я Романівна - здобувач вищої освіти Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ

Киричко Олена Борисівна – кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри нормальної і патологічної анатомії та фізіології тварин Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380677453548, olena.kyrychko@pdau.edu.ua

Климова Тетяна Ігорівна - здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Кожушко Катерина Сергіївна – завідувач навчально-наукової лабораторії «Загальної біотехнології» кафедри землеробства і агрохімії ім. В. І. Сазанова, здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380990343271, kateryna.blahodar@pdau.edu.ua

Козак Леонід Андрійович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва та цифрових технологій в агрономії Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380976491950, kla59@ukr.net

Коломієць Яна Віталіївна - здобувач вищої освіти Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ

Кондратенко Сергій Іванович – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу Інституту овочівництва і баштанництва НААН, с. Селекційне, Харківська обл.

Коробка Інеса Олександрівна – здобувач вищої освіти Київського національного університету технологій та дизайну, м. Київ, korainessa2005@gmail.com

Короткова Ірина Валентинівна – кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380507023858, 2irinakortkova10@gmail.com

Котинін Юрій Миколайович – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380980071967, kotininyura@gmail.com

Кравченко Андрій Владиславович - здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Крайник Олександр Олександрович – здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Кривенда Діана Валеріївна - здобувач вищої освіти Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ

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

Кузнецова Тетяна Юріївна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету ім. В.Г. Короленка, м. Полтава, kuznetsova13tat@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

Куленко Роман Анатолійович – учитель хімії та інформатики Гряківської загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів Чутівської селищної ради Полтавського району Полтавської області, с. Грякове, Полтавська обл.

Кулик Максим Іванович - доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, maksym.kulyk@pdau.edu.ua

Ласло Оксана Олександрівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380992814872, oksana.laslo@pdau.edu.ua

Латиш Артур Анатолійович – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Левченко Вероніка Артемівна – здобувач вищої освіти Державного біотехнологічного університету, м. Харків

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 НАНУ, м. Київ, +380971856496, natali_leonova@ukr.net

Лисецький Лонгін Миколайович – доктор фізико-математичних наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту сцинтиляційних матеріалів НТК «Інститут монокристалів» НАНУ, м. Харків, lcsciencefox@gmail.com

Литвин Валентин Миколайович – здобувач вищої освіти Полтавського національного педагогічного університету ім. В.Г. Короленка, м. Полтава

Лісняк К. – здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Лобурець Анатолій Тимофійович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри прикладної екології та хімії Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, +380684285863, anatollob@gmail.com

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

Маренич Микола Миколайович – доктор сільськогосподарських наук, професор, директор навчально-наукового інституту агротехнологій, селекції та екології Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Марініч Любов Григорівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380507256801, liubov.marinich@pdau.edu.ua

Микитенко Анжеліка Олександрівна – здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Мудряк Максим Олександрович – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Негода Тетяна Степанівна – кандидат фармацевтичних наук, доцент, доцент кафедри аптечної та промислової технології ліків Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ, +380509140341, t-negoda@meta.ua

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

Охмакевич Анастасія Миколаївна – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Національного університету харчових технологій, м. Київ, +380959234331, okhmakevycham@nuft.edu.ua

П'ятецька Дар'я Володимирівна – доктор філософії Національного університету харчових технологій, м. Київ, +380991285598, dashka2310@gmail.com

Паламаренко Ольга Вікторівна – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри лісівництва Національного лісотехнічного університету України, м. Львів, +380997795828, olgapal1982@gmail.com

Пальонко Олег Васильович - в.о. директора, науковий співробітник Дослідної станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН, с. Крути, Чернігівська обл.

Панченко Тарас Валентинович – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри рослинництва та цифрових технологій в агрономії Білоцерківського національного аграрного університету, м. Біла Церква, +380667866478, panchenko.taras@gmail.com

Петраковський Ігор Олексійович - здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Пилипенко Дар'я Михайлівна – доктор філософії з біотехнології та біоінженерії доцент кафедри біотехнології, молекулярної біології та водних біоресурсів Державного біотехнологічного університету, м. Харків, +380679907339, pdmforwork@btu.kharkiv.ua

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

Позняк Олександр Васильович - молодший науковий співробітник Дослідної станції «Маяк» Інституту овочівництва і баштанництва НААН, с. Крути, Чернігівська обл., +380674391175, konf-dsmayak@ukr.net

Полова Жанна Миколаївна – доктор фармацевтичних наук, професор, завідувач кафедри аптечної та промислової технології ліків Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ

Поспелов Олександр Петрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Oleksandr.Pospelov@khpі.edu.ua

Поцяпун Наталія Володимирівна - вчитель хімії та біології Ліцею №17 «Інтелект» Полтавської міської ради, м. Полтава, +380973581719, poziapun@gmail.com

Прокопович Діана Сергіївна - здобувач вищої освіти Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ

Проскуріна Валерія Олегівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри загальної та неорганічної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Proskurina@kpi.kharkov.ua

Прудкий Тарас Андрійович – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

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 Таміла Петрівна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380662358227, tamila_romashko@ukr.net

Руднєва Світлана Іванівна – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, +380577076327, rudnievasi@gmail.com

Саснко Олег Васильович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри загальної фізики і математики Полтавського національного педагогічного університету ім. В.Г. Короленка, м. Полтава, +380501372204

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

Сахно Тамара Вікторівна – доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова 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, доцент, 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

Сердюк Владислав Олегович - здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Сєдова Крістіна Володимирівна – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біохімії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, м. Харків, +380667000232, kristina.sedova@gmail.com

Сливний Павло Юрійович - здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Солодун Єлізавета Сергіївна – здобувач вищої освіти Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, +380999383005, lizsolodun@gmail.com

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

Старченко Таїсія Андріївна – здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Стрижак Діана Олександрівна – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Полтавського національного педагогічного університету ім. В.Г. Короленка, м. Полтава, +380509709264, dianastr2014@gmail.com

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

Стукало Маргарита Олександрівна – здобувач вищої освіти Національного університету харчових технологій, м. Київ, +380689968616, margostukalo@gmail.com

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

Тристан Дар'я Володимирівна – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Трубіцина Світлана Анатоліївна - здобувач вищої освіти Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ

Фисак Олена Василівна - здобувач вищої освіти Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ

Філоненко Сергій Васильович - кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380509102827, sergii.filonenko@pdau.edu.ua

Хоботова Еліна Борисівна - доктор хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та хімічної технології Харківського національного автомобільнодорожнього університету, м. Харків, +380958804419, elinahobotova@gmail.com

Хоменко Аліна Миколаївна - здобувач вищої освіти Національного медичного університету імені О.О. Богомольця, м. Київ

Хоменко Віталій Сергійович – здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Хоменко Інна Сергіївна - здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

Хоменко Марія Русланівна – здобувач вищої освіти СВО Доктор філософії Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380506180613, mariia.dudenko@pdau.edu.ua

Чайка Тетяна Олександрівна – кандидат економічних наук, викладач ВСП «Аграрно-економічний фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету», м. Полтава, +380994332344, chayka_ta@ukr.net

Чуприна Валерія Олександрівна – здобувач вищої освіти Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, +380997701512, valerichuprina2007@gmail.com

Шакалій Світлана Миколаївна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, +380953963328, svitlana.shakaliy@pdau.edu.ua

Швець Ольга Григорівна – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри біотехнології та хімії Сумського національного аграрного університету, м. Суми, +380995670333, olgvasenko@gmail.com

Шевчук Владислав Едуардович – здобувач вищої освіти Харківського національного автомобільнодорожнього університету, м. Харків

Шевчук Тетяна Андріївна - провідний інженер відділу загальної та ґрунтової мікробіології Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАНУ, 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 ім. В.Г. Короленка, м. Полтава

Шиян Надія Іванівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету ім. В.Г. Короленка, м. Полтава, +38503047249, chemisnada@gmail.com

Щербатюк Тетяна Григорівна – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри біотехнології, шкіри та хутра Київського національного університету технологій та дизайну, м. Київ, +380684623513, shcherbatiuk.th@knu.edu.ua

Юрченко Світлана Олександрівна – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава, svitlana.iurchenko@pdau.edu.ua

Яненко Діана Сергіївна - здобувач вищої освіти Полтавського державного аграрного університету, м. Полтава

ЗМІСТ

Привітання директора навчально-наукового інститут агротехнологій, селекції та екології

Маренича Миколи Миколайовича 5

СЕКЦІЯ I

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ

VANADIUM-MOLYBDENUM-CONTAINING FUNCTIONAL COATINGS ELECTRODEPOSITION

Sakhnenko M.D., Dzheniuk A. V., Zhelavska Y. A., Yermolenko I.Yu, Zyubanova S.I., Proskurina V.O., Pospelov O.P..... 7

STUDY OF CHEMICAL DISSOLUTION OF Cu98Be ALLOY IN SOLUTIONS BASED ON FeCl₃

Egorova L. 9

AGGREGATION-INDUCED EMISSION AND VISCOSITY-CONTROLLED FLUORESCENCE IN ORGANIC MOLECULAR SYSTEMS

Korotkova I.V..... 12

MAGNETO-RESPONSIVE BACTERIAL MICROTRACERS FOR MONITORING HOMOGENEITY OF LIQUID FEEDS

Barashkov N., Irgibaeva I., Sakhno T..... 16

REACTIVITY OF CHROMOPHORIC DIAMINES IN THE SYNTHESIS OF MODIFIED AROMATIC POLYAMIDES

Nikolay N. Barashkov..... 17

TUNING PHOSPHORUS RELEASE FROM HYDROXYAPATITE NANOPARTICLES VIA STRUCTURAL INCORPORATION OF HYDROGEN PHOSPHATE SPECIES

Sakhno Yuriy, Jaisi Deb P., Miletto Ivana, Paul Geo 19

OPTICAL POLYMER AND HYBRID MATERIALS FOR HIGH-PERFORMANCE OLED DEVICES

Korotkova I.V., Sakhno T.V., Irgibaeva I.S 22

THERMOTROPIC LIQUID CRYSTALS AS PROMISING DRUG DELIVERY SYSTEMS

Vashchenko O.V., Vashchenko P.V., Nesterkina M.V., Brodskii R.Ye.,

Lisetski L.N. 26

ВЗАЄМОДІЯ АНТИМІКРОБНИХ ПЕПТИДІВ З МЕМБРАНАМИ ЛІПОСОМ ТА НАНОНОСІЯМИ

Берест В.П., Сєдова К.В. 31

ВІДВАЛЬНІ ДОМЕННІ ШЛАКИ ЯК СИРОВИННІ КОМПОНЕНТИ ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Хоботова Е.Б., Шевчук В.Е. 35

ВПЛИВ ЕРИТРИТОЛУ НА СИНТЕЗ *NOCARDIA VACCINII* ІМВ В-7405 КОМПЛЕКСУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ ГІБЕРЕЛІНІВ І ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

Пирог Т.П., Леонова Н.О., П'ятецька Д.В., Шевчук Т.А. 41

РУЙНУВАННЯ ДВОВИДОВИХ БІОПЛІВОК ФІТОПАТОГЕНІВ ЗА ДІЇ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН *RHODOCOCCUS ERYTHROPOLIS* ІМВ Ас-5017, СИНТЕЗОВАНИХ У КОМПЛЕКСІ З ФІТОГОРМОНАМИ

Охмакевич А.М., Пирог Т.П. 46

ПЕПТИДИ В КОСМЕЦЕВТИЦІ

Полова Ж.М., Негода Т.С., Коломісць Я.В. 49

РОЗРОБКА ГЕЛІВ НА ОСНОВІ ГІДРОКСИЕТИЛЦЕЛЮЛОЗИ, ЩО МІСТЯТЬ ШТАМИ ЛАКТОБАКТЕРІЙ

Полова Ж.М., Негода Т.С., Трубіцина С.А. 52

МОРСЬКІ ВОДОРОСТІ В КОСМЕЦЕВТИЦІ

Полова Ж.М., Негода Т.С., Кривенда Д.В. 55

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ПРОБІОТИКІВ У КОСМЕЦЕВТИЦІ

Полова Ж.М., Негода Т.С., Прокопович Д.С. 59

ПРОБІОТИЧНІ БАКТЕРІЇ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Полова Ж.М., Негода Т.С., Хоменко А.М. 62

ГРАВІМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ І СПІВВІДНОШЕНЬ МАСИ СКЛАДОВИХ У СИСТЕМАХ ТИПУ «СЕРЕДОВИЩЕ – РЕЧОВИНА»

Стадницька О.І., Максим'юк В.М., Максимюк Г.В. 65

ОЦІНКА ЯКОСТІ ЕКСТРАКТІВ *ALOE VERA* МЕТОДОМ УФ-СПЕКТРОСКОПІЇ

Сахно Т.В., Хоменко В.С. 71

ХАРАКТЕРИСТИКА ФІБРИН(ОГЕН)ОЛІТИЧНОГО ЕНЗИМУ *VACILLUS SP. L 9*, ВИДІЛЕНОГО ІЗ ПРИБЕРЕЖНОЇ ЗОНИ КІНБУРНЬСЬКОЇ КОСИ

Гудзенко О.В. 74

ЗАСТОСУВАННЯ ГІАЛУРОНОВОЇ КИСЛОТИ ЯК НОСІЯ ДЛЯ ДОСТАВКИ ЛІКІВ

Негода Т.С., Фисак О.В. 77

РІЗНІ ФОРМИ ТА БІОЛОГІЧНІ ЕФЕКТИ ГІАЛУРОНОВОЇ КИСЛОТИ В КОСМЕТИЧНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Негода Т.С., Бузюк А.В. 79

РОЛЬ МІСЦЕВИХ ПРОБІОТИКІВ В ЛІКУВАННІ ЗАПАЛЬНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ШКІРИ

Негода Т.С., Вадько В.А. 82

ПРОБІОТИКИ ЯК НОВИЙ ПІДХІД У ЛІКУВАННІ ХРОНІЧНИХ ДЕРМАТОЗІВ

Негода Т.С., Карнаух Д.Р. 86

УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ДОНОРНИХ РОСЛИН ТА РОСЛИН-РЕГЕНЕРАНТІВ ЯК ЛІМІТУЮЧИЙ ЧИННИК ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ГАПЛОЇДІВ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ У КУЛЬТУРІ ПИЛЯКІВ IN VITRO

Білинська О.В. 89

ВПЛИВ РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ НА МІКРОБІОЛОГІЧНУ СТАБІЛЬНІСТЬ ЗДОБНОГО ПЕЧИВА

Стукало М.О., Грегірчак Н.М. 95

GANODERMA LUCIDUM – «ГРИБ БЕЗСМЕРТЯ»: ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ КЛІНІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ

Левченко В.А., Пилипенко Д.М. 100

НАДЛИШКОВА АДІАБАТИЧНА СТИСЛИВІСТЬ ТА НАДЛИШКОВИЙ АКУСТИЧНИЙ ІМПЕДАНС ВОДНИХ РОЗЧИНІВ СОРБІТУ

Саєнко О.В. 104

ТЕХНОЛОГІЯ БІОСИНТЕЗУ СУРФАКТИНУ

Грецький І.О., Коробка І.О., Щербатюк Т.Г. 108

АНАЛІТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ СІРКОВМІСНИХ КОМПОНЕНТІВ НАФТОВОЇ СИРОВИНИ ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПАЛИВ

Бедюх В.М., Шинкаренко В.І. 110

ФІЗИКО-ХІМІЧНА ОЦІНКА ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ ЯК ОСНОВА ЕФЕКТИВНОЇ ПЕРЕРОБКИ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ СИРОВИНИ

Волков І.Р., Шинкаренко В.І. 114

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ХІМІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕВОНСЬКИХ НАФТ ПОЛТАВЩИНИ

<i>Литвин В.М., Кузнецова Т.Ю.</i>	<i>117</i>
ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОГО СКЛАДУ ЕКСТРАГЕНТА НА ФІТОТОКСИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ <i>SALVIA OFFICINALIS L.</i>	
<i>Микитенко А.О., Ромашико Т.П.</i>	<i>120</i>
НОВІ ПІДХОДИ ДО ПІДГОТОВКИ КОМПОНЕНТІВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ПЛИТНИХ ІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	
<i>Куленко О.А., Стрижак С.В., Криворучко А.В., Кузнецова Т.Ю., Куленко Р.А.</i>	<i>123</i>
БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖУВАННЯ СВИНОГО ГНОЮ В МЕЗОФІЛЬНОМУ РЕЖИМІ	
<i>Галаган А.С., Короткова І.В.</i>	<i>133</i>
ЗАСТОСУВАННЯ МАЗІ IRUVETOЛ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ІНФІКОВАНИХ РАН У СОБАК (КЛІНІЧНИЙ ВИПАДОК)	
<i>Звенігородська Т., Лісняк К., Іщенко О., Славінська А.</i>	<i>137</i>

СЕКЦІЯ II

ХІМІЯ, ЕКОЛОГІЯ ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

ФІЗИКО-ХІМІЧНЕ ПІДГРУНТЯ СТВОРЕННЯ НОВІТНІХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	
<i>Сахненко М.Д., Поспєлов О.П., Єрмоленко І.Ю., Руднєва С.І., Каракуркчі Г.В.</i>	<i>143</i>
ОЦІНКА МЕТОДІВ РЕГЕНЕРАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД	
<i>Чуприна В.О., Даценко В.В.</i>	<i>147</i>
ЯК ОЗОНОВІ ДІРИ ТА КОЛИВАННЯ ВМІСТУ ОЗОНУ В СТРАТОСФЕРІ ЗЕМЛІ КЕРУЮТЬ КЛІМАТОМ	
<i>Лобурець А.Т., Заїка С.О., Солодун Є.С.</i>	<i>152</i>
ОСОБЛИВОСТІ РАДІОЛОГІЧНОГО ТА ХІМІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ АГРОЛАНДШАФТІВ У ЗОНАХ АКТИВНИХ ВИБУХОВИХ ВПЛИВІВ	
<i>Чайка Т.О.</i>	<i>157</i>
ПОЖЕЖО- ТА ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНІ ХІМІЧНІ РЕЧОВИНИ У ПРОМИСЛОВОСТІ	
<i>Дрожжана О.У.</i>	<i>163</i>
ХАНТАВІРУС: ЩО ВІДОМО ЗАРАЗ, НАСКІЛЬКИ ЦЕ НЕБЕЗПЕЧНО?	
<i>Опара Н.М.</i>	<i>166</i>

ВИВЧЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИЛУЧЕННЯ ПРИРОДНОГО БІТУМУ

Деркач А.В., Кузнецова Т.Ю. 170

ОРГАНІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЯК ЧИННИК ПОГІРШЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Кузнецова Т. Ю., Куленко О. А., Давиденко К. К. 176

СЕКЦІЯ III

ПРОБЛЕМИ ФАХОВОЇ ТА МЕТОДИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ З ХІМІЇ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ У ЗВО

КУРС-РЕСУРС ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ ТОКСИКОЛОГІЇ» ДЛЯ ОНЛАЙН НАВЧАННЯ

Хоботова Е.Б., Готвянський В.М. 180

КОМПЕТЕНТНІСНІ ЗАВДАННЯ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ

Шиян Н.І., Криворучко А.В., Стрижак С.В. 187

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПРАКТИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ» В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Швець О.Г., Івченко В.Д. 192

ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ХІМІЇ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ОСВІТИ

Бедюх В.В., Поцяпун Н.В. 198

МЕНТОРСТВО І СУПЕРВІЗІЯ ЯК МЕХАНІЗМИ ПАРТНЕРСЬКОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЗВО І ЗЗСО У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНЬОГО ВЧИТЕЛЯ ХІМІЇ

Стрижак Д.О. 201

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ВИЩІЙ ШКОЛІ: ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ НАВЧАННЯ ТА АКАДЕМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Кожушко К.С. 206

СЕКЦІЯ IV

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

EFFECTS OF DIFFERENT BIOCHAR TYPES AND APPLICATION RATES ON SOIL CO₂ RESPIRATION UNDER WINTER WHEAT

Bojarszczuk J., Wyzińska M...... 210

HUMUS PRESERVATION IN CLIMATE CHANGE CONDITIONS: THE ROLE OF ORGANIC TECHNOLOGIES AND AGROCLIMATIC FACTORS

Laslo O.O...... 212

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОЛОКА КОРІВ, ОВЕЦЬ, КІЗ І КОБИЛ

Киричко О.Б., Байбарак В.О. 214

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ МАТОЧНИХ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЗА ВНЕСЕННЯ СТИМУЛЯТОРА РОСТУ

Філоненко С.В., Беззубенко Я.О. 220

ПРОДУКТИВНІ ТА ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ ЗА ВИСІВУ РІЗНИХ НОРМ НАСІННЯ

Філоненко С.В., Бейдик О.О...... 223

НОВІ СУЧАСНІ СОРТИ СОЇ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Білявська Л. Г., Мудряк М.О., Білявський Ю. В. 227

АКТУАЛЬНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ФІТОМАСИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР

Кулик М. І...... 230

ЯКІСНИЙ СКЛАД НАСІННЯ СУЧАСНИХ СОРТІВ СОЇ КУЛЬТУРНОЇ (*GLYCINE MAX (L.) MERRILL*)

Білявська Л.Г., Білявський Ю.В., Хоменко І.С...... 234

ПРОДУКТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ СУЧАСНИХ ГІБРИДІВ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ – ОСНОВА ЕФЕКТИВНОГО БУРЯКІВНИЦТВА

Філоненко С.В., Климова Т.І. 238

РОЛЬ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДУКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ НАСІННЯ СОНЯШНИКУ

Марініч Л.Г., Сердюк В.О. 242

**ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯРОЇ
ТВЕРДОЇ ПШЕНИЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМИ МІНЕРАЛЬНОГО
ЖИВЛЕННЯ**

Бараболя О.В., Латиш А.А. 246

**ПРИКЛАДИ ВПЛИВУ ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА І СКОТАРСТВА
НА ФАУНУ АМФІБІЙ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

Паламаренко О.В. 249

**ХРИЗАНТЕМА УВІНЧАНА В ОВОЧІВНИЦТВІ УКРАЇНИ:
СЕЛЕКЦІЙНИЙ АСПЕКТ ПОШИРЕННЯ**

Позняк О.В., Пальонко О.В., Кондратенко С.І. 251

**ВИПРОБУВАННЯ СУЧАСНИХ СОРТІВ СОЇ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ:
ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ЯКІСТЬ НАСІННЯ**

Білявська Л.Г., Білявський Ю.В., Мудряк М.О. 255

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗВОДНОГО АМІАКУ ШЛЯХОМ
ЗАСТОСУВАННЯ ІНГІБІТОРІВ НІТРИФІКАЦІЇ N-Serve™ ТА Centuro™**

Маренич М.М. 259

**ВИДОВИЙ СКЛАД БУР'ЯНІВ У ДОСЛІДІ «БЕЗЗМІННЕ ОЗИМЕ
ЖИТО»**

Білявська Л.Г., Білявський Ю.В. 265

**ВИДОСПЕЦИФІЧНА ЧУТЛИВІСТЬ ВИБРАНИХ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ДО ВПЛИВУ ВТОРИННИХ
МЕТАБОЛІТІВ ЕКСТРАКТУ *ALOE VERA***

Галушко І.А., Ромашко Т.П. 269

ФІЗІОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ВІТАМІНІВ ГРУПИ D: СУЧАСНІ ДАНІ

Киричко О.Б. 273

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ**

Котинін Ю.М., Грабовський М. Б., Панченко Т.В., Козак Л.А. 275

**ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ РІЗНИХ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНОВІ
ЦІЛІ**

Філоненко С.В., Кравченко А.В. 279

**ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СТОКОЛОСУ БЕЗОСТОГО
ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ**

Марініч Л.Г., Балюк Р. В. 282

**ВПЛИВ ЕКОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ЯКІСТЬ НАСІННЯ
СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

<i>Шакалій С.М.</i>	285
ВПЛИВ СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НА ФОРМУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ГЕНЕРАТИВНИХ ПАГОНІВ ТА СУЦВІТЬ У ЛЮЦЕРНИ ПОСІВНОЇ	
<i>Марініч Л.Г., Петраковський І.О.</i>	288
ВИЗНАЧЕННЯ НАЙБІЛЬШ ПРИДАТНИХ СОРТІВ КАРТОПЛІ ДЛЯ УМОВ ПОМІРНОГО КЛІМАТУ	
<i>Бараболя О.В., Прудкий Т.А.</i>	290
ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОЛОГІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР	
<i>Рибальченко А.М.</i>	293
ОПТИМІЗАЦІЯ МІКРОЕЛЕМЕНТНОГО ЖИВЛЕННЯ НАСІННЄВИХ РОСЛИН БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ	
<i>Філоненко С.В., Сливний П.Ю.</i>	295
ВИРОЩУВАННЯ МІКРОЗЕЛЕНІ, ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ РОЗВИТКУ СУЧАСНОГО ОВОЧІВНИЦТВА	
<i>Юрченко С.О.</i>	298
ЗБЕРЕЖЕННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА ЯК АКТУАЛЬНА ПРОБЛЕМА СУЧАСНОГО АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ	
<i>Арендаренко В.М., Семенов А.О.</i>	302
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЯК СКЛАДОВА РОЗВ'ЯЗАННЯ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ	
<i>Семенов А.О., Семенова Н.В.</i>	305
МОЛЕКУЛЯРНІ АСПЕКТИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЇ У ПРОФІЛАКТИЦІ ЗАРАЗНИХ ХВОРОБ БДЖІЛ	
<i>Тітаренко О.В.</i>	309
ПЕРЕДПОСІВНА ОБРОБКА НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ГУМІНОВИМИ РЕЧОВИНАМИ	
<i>Сахно Т.В., Хоменко М.Р., Березовський К.С.</i>	311
ОСОБЛИВОСТІ КОЛЬОРОВОГО ЗОРУ У РІЗНИХ ВИДІВ ТВАРИН	
<i>Яненко Д.С., Киричко О.Б.</i>	313
МІКРОБНА ІНОКУЛЯЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ АДАПТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ДО ПОСУХОВОГО СТРЕСУ	
<i>Короткова І.В., Крайник О.О.</i>	316

ВПЛИВ НОВІТНІХ БІОСТИМУЛЯТОРІВ СЕРІЇ «GRAND» НА СТАРТОВИЙ РОЗВИТОК ТА МОРФО-БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Кожушко К.С...... 318

ОБҐРУНТУВАННЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ «ГРАУНДФІКС»

Короткова І.В., Старченко Т.А...... 324

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ РІЗНИМИ КОНЦЕНТРАЦІЯМИ ПРЕПАРАТУ «ГУМІСОЛ-ПЛЮС» НА ПОСІВНІ ЯКОСТІ ТА МОРФОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ КУКУРУДЗИ

Короткова І.В., Тристан Д.В. 326

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ..... 330

ЗМІСТ 343