

SCIENCE  
JOURNAL

# MODERN

ENGINEERING AND  
INNOVATIVE  
TECHNOLOGIES

'2023

ISSUE №25

Part №2



*International periodic scientific journal*

—*ONLINE*

*www.moderntechno.de*



Indexed in  
**INDEXCOPERNICUS**  
(ICV: 87.25)

# **M**ODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

**Issue №25**  
**Part 2**  
February 2023

*Published by:*  
**Sergeieva&Co**  
*Karlsruhe, Germany*

**Editor:** Shibaev Alexander Grigoryevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician*  
**Scientific Secretary:** Kuprienko Sergey, *PhD in technical sciences*

**Editorial board:** More than 200 doctors of science. Full list on page:  
<https://www.moderntechno.de/index.php/swj/about/editorialTeam>

**Expert Board of the journal:** Full list on page:  
<https://www.moderntechno.de/index.php/swj/expertteam>

The International Scientific Periodical Journal "**Modern Engineering and Innovative Technologies**" has been published since 2017 and has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars.

Periodicity of publication: Quarterly

The journal activity is driven by the following objectives:

- Broadcasting young researchers and scholars outcomes to wide scientific audience
- Fostering knowledge exchange in scientific community
- Promotion of the unification in scientific approach
- Creation of basis for innovation and new scientific approaches as well as discoveries in unknown domains

The journal purposefully acquaints the reader with the original research of authors in various fields of science, the best examples of scientific journalism.

Publications of the journal are intended for a wide readership - all those who love science. The materials published in the journal reflect current problems and affect the interests of the entire public.

Each article in the journal includes general information in English.

The journal is registered in IndexCopernicus, GoogleScholar.

**UDC 08**

**LBC 94**

**DOI: 10.30890/2567-5273.2023-25-02**

**Published by:**

**Sergeieva&Co**

*Lußstr. 13*

*76227 Karlsruhe, Germany*

e-mail: [editor@moderntechno.de](mailto:editor@moderntechno.de)

site: [www.moderntechno.de](http://www.moderntechno.de)



УДК 621.793.8

**THE CONTRIBUTION TO THE SCATTERING OF ELECTRONS IN THE RESISTIVITY AND TCR****ВНЕСОК РОЗСИЮВАННЯ ЕЛЕКТРОНІВ У ПИТОМИЙ ОПІР І ТКО****Buryk I. P. / Бурик І.П.***s.ph.-m.s., as. prof. / к.ф.-м.н., доц.**Konotop Institute of Sumy State University, Konotop, Myru Ave., 24, 41615**Конотопський Інститут СумДУ, м. Конотоп, пр. Миру, 24, 41615***Hrychanovska T.M. / Гричановська Т.М.***s.ph.-m.s. / к.ф.-м.н., ст.вик.**Konotop Institute of Sumy State University, Konotop, Myru Ave., 24, 41615**Конотопський Інститут СумДУ, м. Конотоп, пр. Миру, 24, 41615***Hrychanovska O.A. / Гричановська О.А.***Specialist / фахівець.**AVTOR LLC., 31-33, str. Simi Brodskykh, Kyiv, 03057, Ukraine**АВТОР ТОВ, м. Київ, вул. сім'ї Бродських, 31/33, 035037*

**Анотація.** В роботі, на основі експериментальних даних, розраховано внесок зерномежового і поверхневого розсіювання електронів у питомий опір і температурний коефіцієнт опору одношарових полікристалічних плівок Pd, Pt, Fe і Co в інтервалі товщин 10-100 нм. Підтверджено розмірну залежність відносного внеску зерномежового розсіювання електронів від товщини зразка і від середнього розміру кристаліти.

**Ключові слова:** зерномежове розсіювання, розмірні ефекти, полікристалічні металеві плівки, питомий опір, ТКО.

**Вступ.** У розвитку електроніки за останні десятиліття помітні значні успіхи в процесах мінімізації елементів до субмікронних, підвищення ступеня інтеграції, використання нових явищ і ефектів [1, 2]. Це стало можливим, як завдяки удосконаленню технологічних процесів, так і внаслідок використання тонкоплівових матеріалів різноманітної природи з широким спектром електрофізичних характеристик. Найчастіше, основою будови елементів сучасної наноелектроніки і спінтроніки, чутливих елементів сенсорної техніки виступають багатокомпонентні чи гетерогенні плівкові системи, в яких реалізуються унікальні ефекти не притаманні масивним зразкам [2].

Системне вивчення електрофізичних властивостей плівкових матеріалів підтверджує їх суттєву відмінність у порівнянні з відповідними масивними зразками [3, 4]. Причинами таких змін можуть бути, як структурні перетворення так і розмірні ефекти: залежність питомого опору ( $\rho$ ) чи температурного коефіцієнту опору (ТКО) від геометричних розмірів плівки або середнього розміру кристалітів ( $L$ ). Автори [5, 6, 7] пов'язують такі прояви з поверхневим та зерномежовим розсіюванням носіїв заряду. Отже, важливим етапом, у розумінні фізичних процесів, що протікають в багатокомпонентних чи гетерогенних плівкових матеріалах є вивчення розмірних ефектів у одношарових плівках, що входять до їх складу [8]. Цьому сприяє і підвищений інтерес до магнітних плівкових матеріалів на основі феромагнітних Fe, Co і благородних Pd, Pt, оскільки в них в залежності від концентрації, товщини і технологічних умов осадження та подальшої обробки, можуть реалізовуватися



анізотропний чи гігантський магніторезистивні ефекти [1, 2, 8].

Отже, метою роботи стало вивчення розмірних ефектів та визначення внеску розсіювання носіїв заряду у величини  $\rho$  і ТКО ( $\beta$ ) одношарових плівок феромагнітних Fe і Co та немагнітних Pd і Pt.

### Методика і техніка експерименту

Процес отримання і дослідження одношарових плівкових зразків проводився на базі стандартної вакуумної установки ВУП-5М, з урахуванням вимог вакуумної техніки. При конденсації плівок тиск газів залишкової атмосфери у робочому об'ємі становив  $\sim 10^{-3} - 10^{-4}$  Па. В якості вихідних матеріалів використовувалися метали високої чистоти: Pt (99,95%), Fe (99,99%), Pd (99,95%), Co (99,99%). Температура підкладки під час формування плівкових систем підтримувалася в інтервалі  $T_{\text{п}}=300-500\text{K}$  (близькою до температури Дебая метала:  $\theta_{\text{D}}^{\text{Fe}}=467\text{K}$ ,  $\theta_{\text{D}}^{\text{Pt}}=230\text{K}$ ,  $\theta_{\text{D}}^{\text{Co}}=385\text{K}$ ,  $\theta_{\text{D}}^{\text{Pd}}=275\text{K}$  [9]).

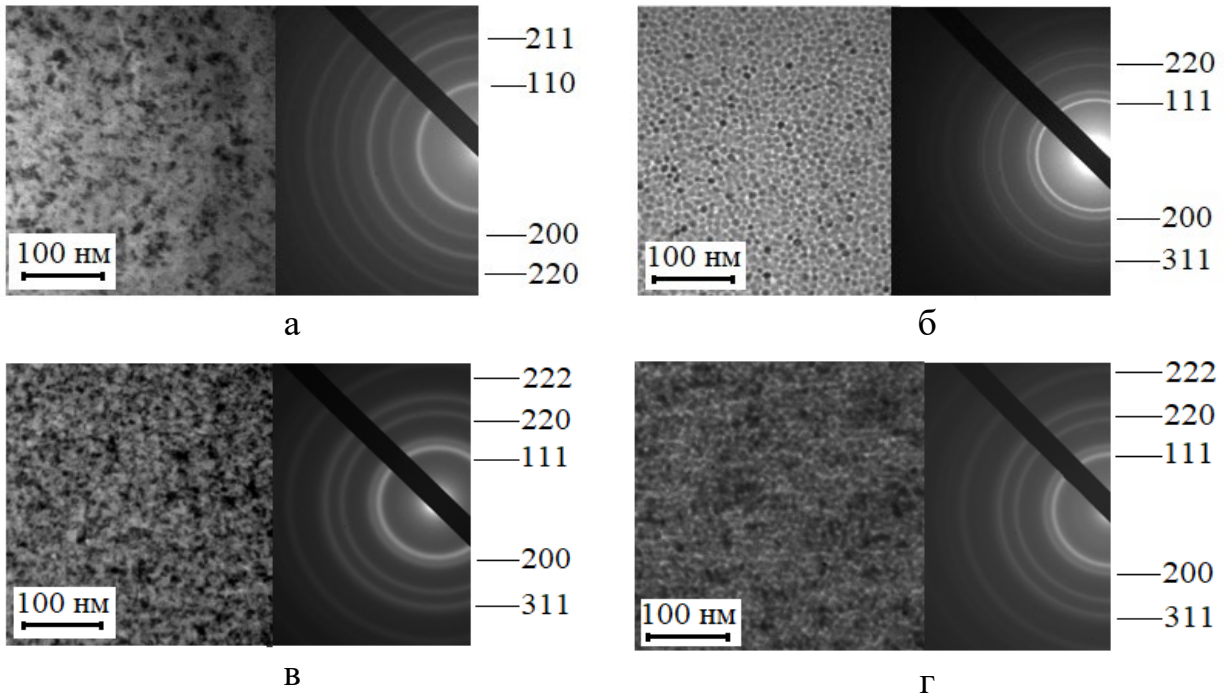
Швидкість конденсації, що розраховувалась за кінцевою товщиною та часом осадження шару металу становила 1,0–1,5 нм/с. З метою стабілізації, свіжосконденсовані плівки витримувалися у вакуумі протягом 0,5–1,0 години при температурі підкладки. Товщини зразків в процесі осадження контролювалися методом кварцового резонатора, який, при роботі з тонкими (до 50 нм) плівками є більш ефективним у порівнянні з оптичними.

При вимірюваннях електричного опору плівок нами використовувався універсальний мультиметр UT70D і показання знімалися за двоточною схемою з точністю  $\pm 0,01$  Ом. Температура вимірювалась мультиметром UT70B на основі диференційної хромель-алюмелевої термопари розташованої у вакуумній установці на одному рівні з підкладкою.

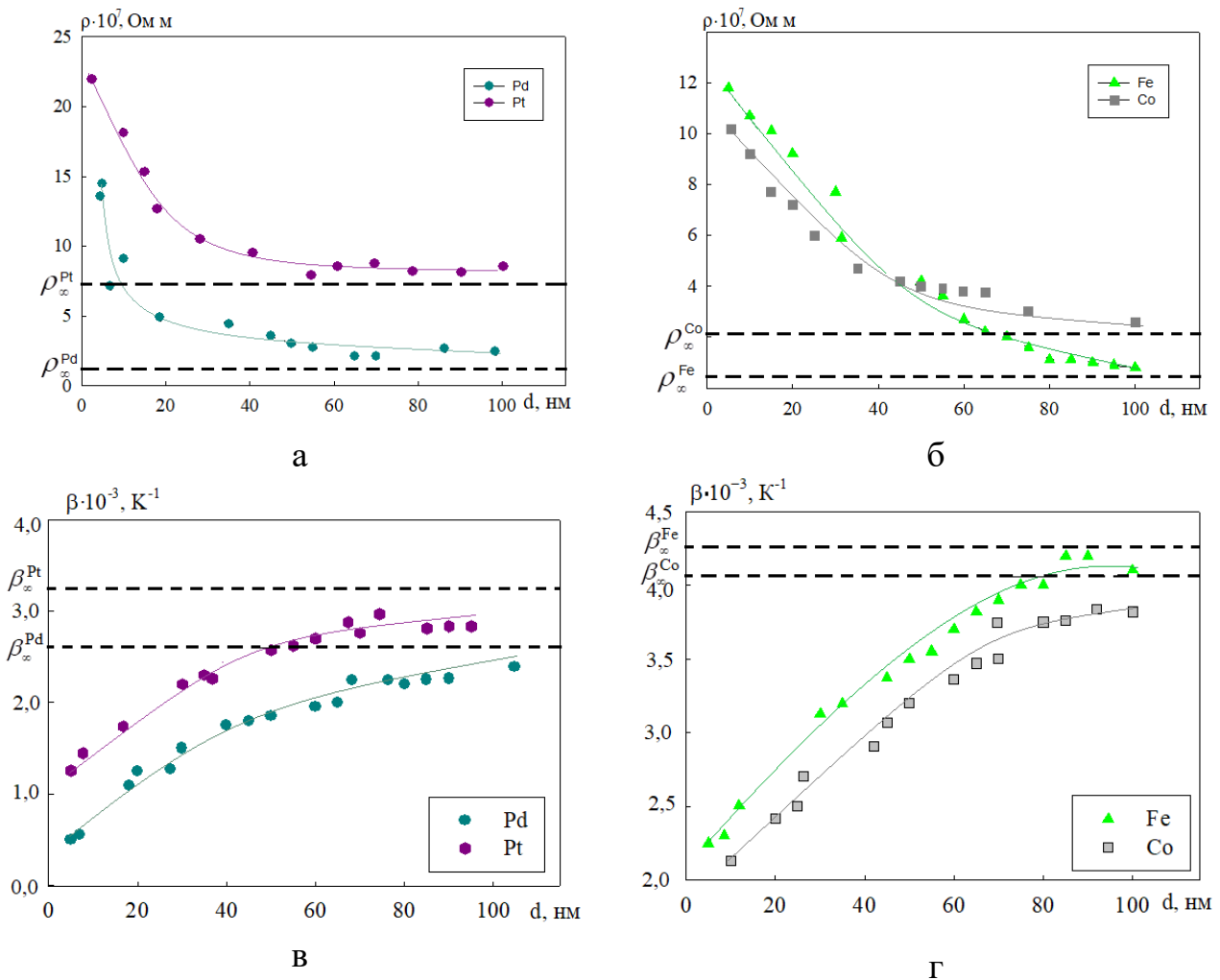
Виходячи з поставлених задач, дослідження фазового складу та кристалічної структури плівок проводилися за допомогою електронного просвічуючого мікроскопа ПЕМ-125К. З урахуванням методики отримання полікристалічних плівок, метали попередньо напиляли на свіжосконденсовані плівки вуглецю товщиною  $\sim 10\text{нм}$  розміщені на покривному склі або свіжих зколах (001) NaCl. На основі мікроскопічних досліджень одношарових плівок товщиною 5 - 100 нм було розраховано середній розмір кристалітів L (рис. 1).

Встановлено, що кристалічна структура досліджуваних зразків є типовою для тонких плівок (Co, Fe, Pd, Pt). Вона дрібнодисперсна, з середнім розміром зерна, у вказаному інтервалі товщин, для плівок ГЦП-Co  $L \approx 10-20$  нм (ГЦК-Co  $L \approx 2-4$  нм) та для ОЦК-Fe не перевищує 10-15 нм. При збільшенні товщини зразків в діапазоні від 30 до 100 нм відбувається незначне зростання величини L, але можна зазначити, що розмір кристалітів слабо залежить від товщини плівки (d). Невідпалені зразки ГЦК-Pt і ГЦК-Pd теж мають високу дисперсність структури з середнім розміром кристалітів 2-6 нм в діапазоні товщин 5-25 нм, який зростає до 6-10 нм при збільшенні товщини зразка до 30-100 нм.

Рисунок 2 ілюструє розмірні залежності питомого опору та ТКО для одношарових плівок Fe, Co, Pd і Pt. Отриманий нами характер розмірних залежностей електрофізичних властивостей узгоджується з відомими літературними даними [4,7, 10, 11].



**Рисунок 1 – Електронограми і мікроструктура невідпалених плівок Fe (а), Co (б), Pd (в) і Pt (г) товщиною  $d \approx 30$  нм** Авторська розробка



**Рисунок 2 – Розмірна залежність питомого опору (а, б) і ТКО (в, г) одношарових плівок** Авторська розробка



Як видно з рисунку 2, в усіх випадках величина ТКО монотонно збільшується з ростом товщини плівки, поступово наближаючись до асимптотичного значення  $\beta_{\infty}$ . На відміну від ТКО, значення питомого опору, всіх розглянутих плівок, зменшується при зростанні товщини зразка. Питомий опір також виходить на насичення асимптотично наближаючись до  $\rho_{\infty}$ .

Порівняння відповідних величин для плівок з різним ступенем дисперсності кристалітів (рисунок 2) показує, що у зразках Pd і Pt товщиною 5-10 нм, де середній розмір зерна 2-4 нм, питомий опір у 1,5 – 2 рази більший у порівнянні зі зразками такої ж товщини Fe і Co, для яких  $L \approx 10$  нм. Збільшення значення  $L$  у плівкових зразках супроводжується зменшенням  $\rho$  і збільшенням ТКО.

Методика визначення асимптотичних значень  $\rho_{\infty}$  та  $\beta_{\infty}$  передбачає перебудову відповідних розмірних залежностей для плівок у системі з ординатою  $\beta^{-1}d$  і абсцисою  $d$  у відповідності зі співвідношенням (1) в рамках ізотропної моделі К. Тельє, А. Тоссе та К. Пішар [11], до переваг якої можна віднести можливість застосування за умови  $L < d$

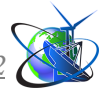
$$\beta^{-1}d \cong \beta_g^{-1}d + \frac{3}{8}\beta_0^{-1}\lambda_0 \ln(p^{-1}) \quad (1)$$

Для знаходження  $\rho_{\infty}$  використовувався аналогічний підхід описаний авторами [10]. З графіка лінійної залежності  $\rho d \cong \frac{3}{8}\lambda_0(1-p)\rho_{\infty} + \rho_0 d$ , за умови  $d \gg \lambda_0$ , можна знайти величину  $\rho_{\infty}$ , як тангенс кута нахилу отриманої прямої. Додатково, за величиною відрізка, що відтинає вказана пряма на осі ординат, можна визначити  $\lambda_0(1-p)$ , де  $p$ - коефіцієнт дзеркальності, і оцінити значення середньої довжини вільного пробігу ( $\lambda_0$ ) електронів.

В таблиці 1 представлено отримані асимптотичні величини  $\rho_{\infty}$  і  $\beta_{\infty}$  у порівнянні з даними для  $\rho_0$  і  $\beta_0$  масивних зразків. Аналіз такого порівняння, показує, що найменше асимптотичні величини  $\rho_{\infty}$  і  $\beta_{\infty}$  відрізняються від відповідних  $\rho_0$  і  $\beta_0$  у плівках Fe ( $\rho_{\infty}/\rho_0=1,16$ ,  $\beta_{\infty}/\beta_0=0,7$ ) і Pd ( $\rho_{\infty}/\rho_0=1,87$  і  $\beta_{\infty}/\beta_0=0,7$ ) тоді, як у Co ( $\rho_{\infty}/\rho_0=3,69$ ,  $\beta_{\infty}/\beta_0=0,8$ ) і Pt ( $\rho_{\infty}/\rho_0=6,59$  і  $\beta_{\infty}/\beta_0=0,9$ ) ці відмінності більші. Загальним для всіх розглянутих плівкових зразків є те, що незалежно від ступеня дисперсності кристалітів  $\rho_{\infty} > \rho_0$ , а  $\beta_{\infty} < \beta_0$ , що ілюструють залежності представлені на рисунку 2.

**Таблиця 1 - Значення питомого опору і ТКО для масивних зразків та нескінченно товстих плівок**

Метал	Питомий опір $\cdot 10^7$ , Ом·м		ТКО $10^3$ , K <sup>-1</sup>	
	$\rho_{\infty}$	$\rho_0$ [9]	$\beta_{\infty}$	$\beta_0$ [9]
Fe	1,14	0,98	4,25	6,51
Co	2,07	0,56	4,06	6,04
Pd	1,82	0,97	2,53	3,77
Pt	7,05	1,07	3,46	3,96



Аналізуючи результати дослідження питомого опору і ТКО одношарових плівок в інтервалі товщин 10-100 нм слід відмітити, що найвиразніше розмірні залежності проявляються в області до 60 нм. При збільшенні товщин плівок ступінь вираження розмірного ефекту і залежить  $\rho$  і  $\beta$  від середнього розміру кристалітів слабшає. Так, для плівок Pd і Pt при  $d \geq 60$  нм питомий опір вже мало відрізняється від  $\rho_\infty$ , тоді як для плівок Fe і Co при товщині зразків 60 нм, ця різниця ще залишається суттєвою аж до 80-90 нм. Питання причин такої залежності розглядалися в роботі [12]. На думку автора, на розмірну залежність питомого опору найбільше впливає ефективність розсіювання електронів зовнішніми поверхнями. Так, для монокристалічних зразків з значним коефіцієнтом дзеркальності питомий опір зменшується з ростом товщини значно швидше і раніше виходить на насичення, ніж у полікристалічних зразках, для яких коефіцієнти дзеркальності менші [12]. Отже, для розуміння поведінки розмірних залежностей питомого опору і ТКО, важливо визначити внесок, в дані величини, відомих механізмів розсіювання електронів.

### **Розрахунок внеску зерномежового та поверхневого розсіювання електронів**

Відомо, що електрична провідність металів в першу чергу обумовлена дрейфом електронів провідності під дією зовнішнього електричного поля. Отже причиною опору металевого зразка є розсіювання електронів на фонах і дефектах, на зовнішніх поверхнях плівки та межах зерен. Вважаючи механізм розсіювання адитивним, автори [4] розробили методику розділення внеску кожного з перелічених факторів і записали вираз для питомого опору плівки в наступному вигляді:

$$\rho = \rho_0 + \rho_{gb} + \rho_d, \quad \rho_0 + \rho_{gb} = \rho_\infty = \lim_{d \rightarrow \infty} \rho, \quad (2)$$

де  $\rho_{gb}$ ,  $\rho_d$  - питомі опори, обумовлені зерномежовим і поверхневим розсіюванням відповідно.

В роботі [4] автори, шляхом логарифмічного диференціювання за температурою із формули (2) отримали вирази, які дають змогу також розрахувати внесок у ТКО зазначених механізмів розсіювання:

$$\beta_{gb} = \frac{\rho_\infty \beta_\infty - \rho_0 \beta_0}{\rho_{gb}}, \quad \beta_d = \frac{\rho \beta - \rho_\infty \beta_\infty}{\rho_d}. \quad (3)$$

Необхідно відмітити, що при визначенні  $\rho_d$ ,  $\rho_{gb}$ ,  $\beta_d$  та  $\beta_{gb}$  за співвідношеннями 2 і 3, використовувались дані про питомий опір і ТКО нескінченно товстих плівок ( $\rho_0$  і  $\beta_0$  відповідно) та розраховані асимптотичні величини ( $\rho_\infty$  і  $\beta_\infty$ ) наведені в таблиці 1. В таблиці 2 систематизовано результати розрахунків  $\rho_d$ ,  $\rho_{gb}$ ,  $\beta_d$  та  $\beta_{gb}$ .

Дані наведені в таблиці показують, що найбільші значення  $\rho_{gb}$  відповідають нанокристалічним плівкам Pt. Величина  $\rho_{gb}$  зменшуються з ростом середнього розміру зерна і мінімальне значення приймає у плівках Fe з найбільшим  $L$  серед цих чотирьох металів. Значення  $\rho_d$  теж найбільші для





плівки Pt та мають розмірну залежність для всіх досліджуваних зразків, яка проявляється у зменшенні  $\rho_d$  зі збільшенням товщини плівки. Так, при збільшенні товщини плівки від 10 до 40 нм,  $\rho_d$  зменшується у 3,3 рази для Pd (у 2,4 і 2,7 у випадку Pt і Co відповідно) та у 1,9 для Fe. Такий результат підтверджує висновок автора [4] про залежність питомого опору, обумовленого поверхневим розсіюванням електронів, від товщини плівкових зразків і ступеня дисперсності кристалітів. Для всіх плівок відношення  $\left| \frac{\rho_{gb}}{\rho_d} \right|$  приймають

максимальні значення у випадку найбільшої товщини зразка (100 нм). Цей факт ще раз підкреслює значиму роль поверхневого розсіювання електронів у електрофізичних властивостях нанорозмірних полікристалічних зразків.

**Таблиця 2 - Відносний внесок зерномежового та поверхневого розсіювання у питомий опір та ТКО**

Метал	$\rho_{gb} \cdot 10^8$ , Ом·м	$\beta_{gb} \cdot 10^3$ , К <sup>-1</sup>	$d$ , нм	$\rho_d \cdot 10^8$ , Ом·м	$\beta_d \cdot 10^3$ , К <sup>-1</sup>	$\left  \frac{\rho_{gb}}{\rho_d} \right $	$\left  \frac{\beta_{gb}}{\beta_d} \right $
Pd	8,50	1,11	10	72,81	0,31	0,12	3,58
			40	21,83	1,35	0,39	0,82
			100	1,84	-3,55	4,60	0,31
Pt	59,81	3,37	10	110,52	0,09	0,54	37,44
			40	45,54	0,76	1,31	4,43
			100	28,30	3,35	2,11	1,01
Co	15,12	3,33	10	57,30	-1,04	0,26	3,20
			40	21,34	-1,73	0,71	1,92
			100	14,32	-1,95	1,06	1,71
Fe	1,62	-9,59	10	95,61	-0,77	0,02	12,45
			40	48,70	-1,56	0,03	6,14
			100	6,52	-3,79	0,25	2,53

Авторська розробка

Аналіз даних, наведених в таблиці 2 показав, що у відповідності з висновками автора [4], значення  $\beta_{gb}$  теж визначається ступенем дисперсності кристалітів плівкового зразка. Наприклад, для нанокристалічних плівок Pd значення  $\beta_{gb}$  найменші та приймають максимальне значення для плівок Fe з відносно більшим середнім розміром зерна. Залежність величини  $\beta_d$  від  $L$  виражена слабо. На думку авторів [4, 10] пояснюється це одночасною залежністю ТКО плівки від величин з протилежною тенденцією змін: провідність зростає, а величина  $\Delta\rho/\Delta T$  зменшується з ростом товщини зразка.

Відношення  $\rho_0/\rho$ ,  $\rho_{gb}/\rho$  та  $\rho_d/\rho$  дають можливість визначити статистичну вагу внеску у питомий опір та ТКО кожного із зазначених вище механізмів розсіювання електронів та порівняти їх між собою. Наприклад, при збільшенні товщини плівок Pt від 40 до 100 нм (рисунок 2), відношення  $\rho_0/\rho$



зростають від 0,09 до 0,11 разом із зростанням  $\rho_{gb} / \rho$  від 5,14 до 6,23, в той час, як  $\rho_d / \rho$  зменшується від 0,36 до 0,22. Результати, аналогічні приведеним, було отримано для всіх досліджуваних плівок. Тобто, із зменшенням товщини зразка, відбувається зростання внеску поверхневого розсіювання у загальну величину ТКО на фоні зменшення об'ємного і зерномежового. На думку автора [4, 7, 10], саме розсіювання носіїв заряду на зовнішніх поверхнях пояснює причину високих значень питомого опору та низьких ТКО у плівках малої товщини. Отже, для нанорозмірних нанокристалічних плівкових зразків, в яких поверхневе розсіювання дає основний внесок, питомий опір та ТКО повинні значно відрізнятись від  $\beta_0$ , у порівнянні з крупнокристалічними зразками.

### Висновки.

Було встановлено, що для полікристалічних одношарових плівок Fe, Co, Pd і Pt в інтервалі товщин 10-100 нм найвиразніше розмірні залежності питомого опору і ТКО проявляються в області до 60 нм. При збільшенні товщин плівок ступінь вираження розмірного ефекту залежить від середнього розміру кристалітів і слабше виявляється у зразках товщиною 80-100 нм.

Розрахунки показали, що зі зменшенням товщини зразків Fe, Co, Pd і Pt в інтервалі 10-100 нм, відбувається зростання внеску поверхневого розсіювання у загальну величину питомого опору і ТКО на фоні зменшення об'ємного і зерномежового розсіювання електронів.

### Література:

1. L1<sub>0</sub> ordered thin films for spintronic and permanent magnet applications / Nafarov A, Prokopenko O, Sidorenko S, Makarov D, Vladymyrskiy I Modern Magnetic and Spintronic Materials (NATO Science for Peace and Security Series B Physics and Biophysics) eds A Kaidatzis, S Sidorenko, I Vladymyrsky, D Niarchos (Dordrecht: Springer), 2020. pp 73–94 DOI: 10.1007/978-94-024-2034-0\_4
2. Giant Magnetoresistance: Basic Concepts, Microstructure, Magnetic Interactions and Applications / I. Ennen, D. Kappe, T. Rempel, C. Glenske, A. Hütten, Sensors, 2016. V. 16(6). 904 <https://doi.org/10.3390/s16060904>
3. Пазуха І.М., Проценко С.І. Вплив інтерфейсного розсіювання на електрофізичні властивості плівкових матеріалів // Вісник СумДУ. Серія: Фізика, математика, механіка. – 2005. – №8 (80). – С. 148–153.
4. Черноус А.М. Розмірні ефекти в електрофізичних властивостях нанокристалічних плівкових систем в умовах взаємної дифузії та фазоутворення: Автореф. дис. ... доктора ф.-м. наук : 01.04.07 // Сумський державний університет. – Суми, 2006. – 37 с.
5. Белевцев Б.И., Комник Ю.Ф., Однокозов В.И. Рассеяние электронов на границах кристаллитов и поверхности поликристаллических пленок Pb // ФТТ. – 1984. – Т. 26, Вып. 11. – С. 3274–3279.
6. Білоус О.А., Проценко І.Ю., Черноус А.М. Вплив ступеня дисперсності кристалітів на параметри електропереносу металевих матеріалів // ФХТТ. – 2003. – Т.4, №1. – С.48 – 57.
7. Одноворець Л.В. Електрофізичні і магніторезистивні властивості



багатошарових та гетерогенних плівкових матеріалів сенсорної техніки: Автореф. дис. ... доктора ф.-м. наук : 01.04.01 // Сумський державний університет. – Суми, 2016. – 39 с.

8. The contribution to the scattering of electrons in the magnetoresistance of multilayers of nonmagnetic metals / I.Yu. Protsenko, L.V. Odnodvoret, S.I. Protsenko, M.O. Shumakova. 2016. PAST, V. 101. №1. P. 121–123.

9. Физико-химические свойства элементов [Справочник] / Под ред. Г.В. Самсонова. – Киев: Наук. думка.– 1965.– 807 с.

10. Проценко І.Ю., Саєнко В.А. Тонкі металеві плівки (технологія і властивості). – Суми: СумДУ, 2002. – 187 с.

11. C.R. Tellier, A.J. Tossier. Size effects in thin films. Amsterdam–Oxford–New York: Elsevier, 1982, 310 p

12. Комник Ю.Ф. Физика металлических пленок. Размерные и структурные эффекты. – Москва: Атомиздат, 1979. – 264 с.

**Abstract.** In the paper, based on experimental data, the contribution of grain boundary and surface electron scattering to the resistivity and temperature coefficient of resistance of single-layer polycrystalline films of Pd, Pt, Fe, and Co in the thickness range of 10-100 nm is calculated. The dimensional dependence of the relative contribution of grain boundary electron scattering on the thickness of the sample and on the average crystallite size was confirmed..

**Key words:** grain boundary scattering, dimensional effects, polycrystalline metal films, resistivity, TCR.

Стаття відправлена: 17.02.2023 р.

© Гричановська Т.М.



УДК 621.793.8

**PARAMETERS OF ELECTROCARRIED IN ASPECTS OF SIZE EFFECT  
ПАРАМЕТРИ ЕЛЕКТРОПЕРЕНОСЕННЯ В АСПЕКТАХ РОЗМІРНОГО ЕФЕКТУ****Bibyk V. V. / Бібик В.В.***c.ph.-m.s., as. prof./ к.ф.-м.н., доц.**Konotop Institute of Sumy State University, Konotop, Myru Ave., 24, 41615**Конотопський Інститут СумДУ, м. Конотоп, пр. Муру, 24, 41615***Hrychanovska T.M. / Гричановська Т.М.***c.ph.-m.s. / к.ф.-м.н., ст.вик.**Konotop Institute of Sumy State University, Konotop, Myru Ave., 24, 41615**Конотопський Інститут СумДУ, м. Конотоп, пр. Муру, 24, 41615***Hrychanovska O.A. / Гричановська О.А.***Specialist / фахівець.**AVTOR LLC., 31-33, str. Simi Brodskykh, Kyiv, 03057, Ukraine**АВТОР ТОВ, м. Київ, вул. сім'ї Бродських, 31/33, 03057*

**Анотація.** В роботі, розглянуто методику визначення параметрів електроперенесення і особливості застосування теоретичних моделей. На основі даних про мікроструктуру і електрофізичні характеристики плівок Pd, Pt, Fe і Co в інтервалі товщин 10-100 нм, проведено розрахунок параметра дзеркальності, прозорості межі зерна і коефіцієнта розсіювання електронів на межі зерна. Встановлено характер розмірних залежностей середньої довжини вільного пробігу електронів і параметра  $\lambda_0(1-p)$ .

**Ключові слова:** параметри електроперенесення, середня довжина вільного пробігу електронів, розмірні ефекти.

**Вступ.**

Сучасне електронне приладобудування тісно пов'язане із пошуком нових плівкових матеріалів, які здатні забезпечити вищі і стабільніші робочі характеристики елементів [1-4]. Плівкові системи на основі феромагнітних (Fe, Co) та парамагнітних (Pd, Pt) металів є перспективними об'єктами в якості чутливих елементів багатофункціональних датчиків, завдяки унікальним магніторезистивним властивостям [3], тензочутливості [1, 2] та високій і регульованій коерцитивній силі в поєднанні з стійкістю до корозії [5].

Відомо, що при розробці і проектуванні багатофункціональних тонкоплівкових датчиків потрібно враховувати одночасний вплив на їх робочі характеристики таких зовнішніх факторів, як деформація, температура, електромагнітні поля та зважати на зовнішні і внутрішні розмірні ефекти [6]. Автори [7] вказують, що при інтерпретації результатів досліджень електричних властивостей полікристалічних плівок слід враховувати як поверхневе, так і зернограничне розсіювання електронів. При розгляді багатошарових плівок з'являється додатковий механізм розсіювання електронів на інтерфейсах, що також впливає на електричні властивості. Так, дослідження тензоефекту [6-8] свідчать про те, що експериментальні результати набагато краще узгоджуються з прогнозованими на основі класичних теоретичних моделей, з огляду на те, що деформація призводить до зміни параметрів електроперенесення. Автори [6, 7] мають на увазі залежність деформації не тільки від об'ємної довжини вільного пробігу ( $\lambda_0$ ), але і від параметра дзеркальності ( $p$ ), параметри прозорості межі



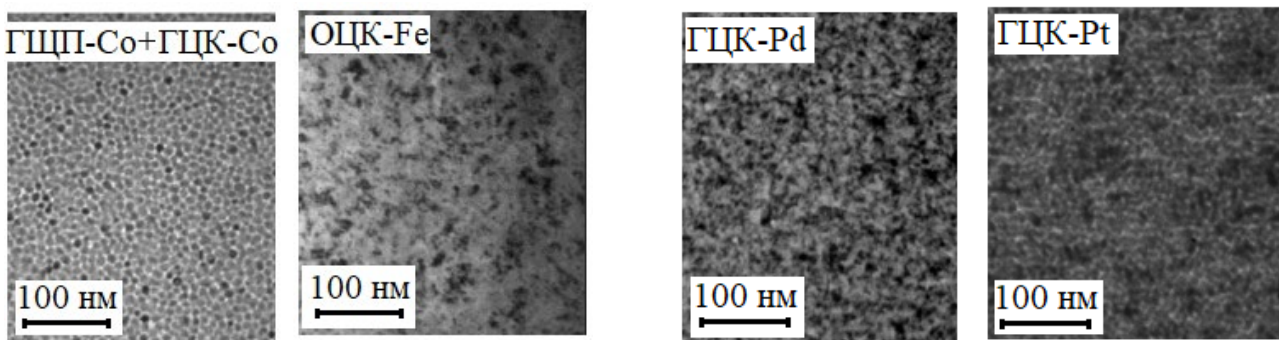
зерна ( $r$ ), коефіцієнта розсіювання електронів на межах ( $R$ ) та інші. В роботі [7] обґрунтовується, що такий підхід точніше опише фізичне процеси в багатошарових плівкових зразках, врахує зміни налаштування транспорту електронів і дозволить прогнозувати електрофізичні характеристики плівок в умовах одночасної дії деформаційних і магнітних полів.

Враховуючи наведені факти, метою роботи стало визначення параметрів електроперенесення одношарових полікристалічних плівок феромагнітних Fe і Co та парамагнітних Pd і Pt в інтервалі товщин 10-100 нм.

### Теоретичні моделі і методика розрахунків

Вибір теоретичних моделей, за допомогою яких можна здійснити розрахунок параметрів електроперенесення, суттєво залежить від структурного стану плівкових зразків. Визначальну роль при цьому відіграє співвідношення між товщиною зразка і середнім розміром кристалітів [6], Перш за все, при розрахунку параметрів електроперенесення, важливо мати інформацію і про середні розміри кристалітів ( $L$ ) отримані експериментально.

Середній розмір кристалітів у одношарових полікристалічних плівках парамагнітних Pd і Pt не перевищує величину  $L \sim 10$  нм (рисунок 1). В такому випадку структурний стан плівок можна вважати дрібнодисперсним. Відносно менш дисперсними є плівки Co і Fe ( $L < 25$  нм). Відомо, що низькотемпературною термоциклічною обробкою зразків можна штучно створити умови, за яких розмір кристалітів в такій плівці залишається приблизно однаковим у всьому інтервалі досліджуваних товщин і тим спростити розрахунки. Однак, для плівок Pd, Pt, Co і Fe характерне незначне збільшення середнього розміру кристалітів з товщиною (рисунок 2 а).



Авторська розробка

**Рисунок 1 – Мкроструктура невідпалених плівок товщиною  $d \cong 30$  нм**

Враховуючи зазначені вище властивості плівок, для розрахунку параметрів електроперенесення, було використано ряд теоретичних моделей серед яких лінеаризована модель та модель ізотропного розсіювання К. Тельє, А. Тоссе та К. Пішар (ТПП). Методика розрахунків, описана авторами [8], передбачає використання експериментальних розмірних залежностей у координатах  $\beta d$  від товщини зразка ( $d$ ), де  $\beta$ - температурний коефіцієнт опору (ТКО) плівки. Це дозволяє за кутовим коефіцієнт усередненої прямої знайти  $\beta_g \approx \beta_\infty$ , а відрізок, що відтинається на осі ординат, відповідатиме  $\beta_g \lambda_0 (1-p) H(\alpha)$  за співвідношенням:



$$\beta d \cong \beta_g d - \beta_g \lambda_0 (1-p) H(\alpha), \quad (1)$$

де  $\alpha = \lambda_0 L^{-1} R(1-R)^{-1}$  – параметр розсіювання електронів;  $H(\alpha)$  – відома і протабульована функція;  $\beta_g$  – ТКО плівки, пов'язаний із зерномежовим розсіюванням електронів;  $\beta_\infty = \lim_{d \rightarrow \infty} \beta$  і  $\beta_g \approx \beta_\infty$ .

Наприклад, для плівок Pd і Pt, зразки яких знаходяться у надзвичайно дисперсному стані,  $f(\alpha) \approx 0,6 - 0,9$ . Отже, після таких математичних операцій з'являється можливість обчислити  $\lambda_0(1-p)$ , а знаючи величину  $\alpha$ , в дифузному наближенні ( $p=0$ ) можна визначити  $\lambda_0$  і  $\lambda_g = \lambda_0 f(\alpha)$ . Однією з умов застосування розглянутої моделі є те, що в досліджуваному інтервалі товщин потрібно витримати  $L = const$ , яке в дійсності (рисунок 2 а) росте з ростом товщини зразка. Інша умова, яка звужує рамки застосування лінеаризованого співвідношення ТТП, пов'язана з тим, що розглянуту методику можна застосовувати лише за умови  $L \geq d$ . Очевидно, що, з досліджуваних в роботі зразків, останній умові задовольняють лише Fe і Co в інтервалі  $d \approx 10-20$  нм.

Перевагою моделі ізотропного розсіювання електронів на межах зерен є її придатність для  $L < d$ . Методика обробки результатів за співвідношеннями (2) аналогічна розглянутій вище.

$$\beta^{-1} d \cong \beta_g^{-1} d + \frac{3}{8} \beta_0^{-1} \lambda_0 \ln(p^{-1})$$

$$\beta_g \beta_0^{-1} \cong \left[ 1 + 1,45 L^{-1} \lambda_0 \ln(r^{-1}) \right]^{-1}, \quad (2)$$

$$R(1-R)^{-1} = 2(1-r)(1+r)^{-1} \text{ або при } r > 0,3 \quad R(1-R)^{-1} = 0,97 \ln(r^{-1}),$$

В цьому випадку, для розрахунків використовується залежність  $\beta^{-1} d$  від  $d$ . Окрім того, що модель ізотропного розсіювання може бути використана для довільного співвідношення між товщиною і середнім розміром зерна, вона дозволяє розрахувати значення величин  $\beta_\infty$ ,  $\lambda_0$ ,  $p$ ,  $r$  та  $R$ , але для цього одним із перелічених параметрів необхідно задатись. Така методика дозволяє провести розрахунки, як для крупнокристалічних плівок, так і для дрібнодисперсних плівок. Слід відмітити ще раз, що моделі ТТП дають коректний результат, якщо  $L$  не залежить від  $d$ , але як свідчить рисунок 2 а, найкраще цій умові задовольняють плівки Pd і Pt, у яких порівняно незначне зростання середнього розміру кристалітів з товщиною. Отже, розрахунки дають середні, в усьому інтервалі товщин значення, наприклад  $\beta_\infty$  та середньої довжини вільного пробігу (СДВП).

Додатково для обробки експериментальних результатів у дрібнодисперсних плівках Pd і Pt застосовувалась модель ефективної СДВП основне робоче співвідношення якої має вигляд:

$$\frac{\beta}{\beta_0} \cong \left( 1 - \frac{3 \lambda_0 (1-p)}{8 d} f(\alpha) \right) f(\alpha) \quad (3)$$

Вцілому, аналіз літературних даних підтверджує висновок, зроблений ще авторами [9] про послідовність і коректність моделей ТТП при використанні їх



для обробки експериментальних даних. Однак, достатня кількість даних вказує на значні розходження результатів при визначенні СДВП. Причиною таких неоднозначних результатів можуть бути і різна концентрація дефектів у плівкових зразках, і неможливість повного відтворення експериментальних умов отримання плівок, і неспроможність самих моделей враховувати анізотропію реальних кристалів.

### Параметри електроперенесення

Результати обробки експериментальних даних розмірної залежності ТКО для плівок Pd, Pt, Co, і Fe та результати обчислень параметрів електроперенесення, в рамках розглянутих моделей (формули (1) – (3)), наведено в таблиці 1. Аналізуючи отримані результати, можна відмітити залежність коефіцієнта дзеркальності зовнішніх поверхонь від середнього розміру кристалітів плівкових зразків. Для дрібнодисперсних зразків, якими є Pt і Pd, коефіцієнт дзеркальності ( $p$ ) приймає значення менші за 0,1, що збігається з результатами отриманими автором [8,9].

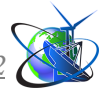
**Таблиця 1 - Параметри електроперенесення для плівок**

Плівка	$d$ , нм	$\beta_{\infty} \cdot 10^3, K^{-1}$	$\lambda_0(1-p)$ , нм, (формула)	$p$	$R$	$r$
Pd	10-100	2,53	37,1 (2)	0,04	0,40-0,42	0,15-0,12
			34,3 (3)	-	-	-
Pt	10-100	3,46	39,4 (2)	0,05	0,36-0,39	0,30-0,27
			35,6 (3)	-	-	-
Co	10-100	4,06	49,4 (2)	0,12	0,28-0,43	0,77-0,55
	10-30		37,2 (1)	-	-	-
Fe	10-100	4,25	53,3 (2)	0,16	0,24-0,47	0,65-0,51
	10-30		45,1 (1)	-	-	-

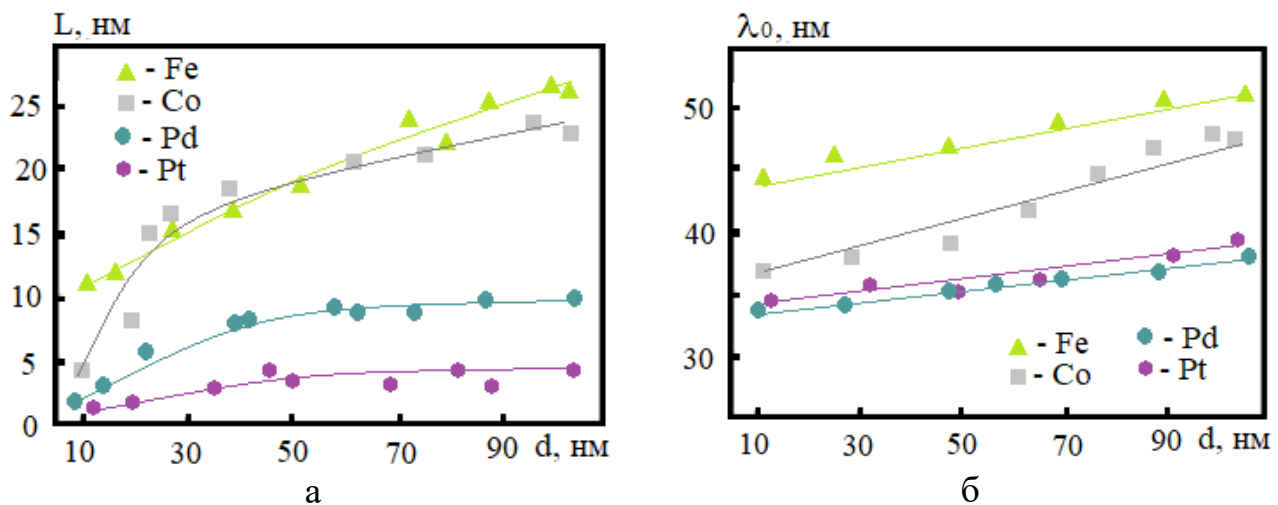
*Авторська розробка*

За даними таблиці 1 видно, що збільшення розміру зерен зразків супроводжується зростанням значення  $p$ . Такий результат знайшов своє пояснення в роботах [6, 8, 9]. На думку зазначених авторів, поверхні плівок, що складаються з граней окремих кристалів, при збільшенні  $L$  вдосконалюються і тим самим знижують імовірність дзеркального відбиття електронів. Враховуючи зазначені вище причини, зроблено припущення, що для більшості полікристалічних плівок, з  $L \geq 100$  нм, значення  $p \geq 0,1$ . Одночасно, із збільшенням середнього розміру кристалітів плівкових зразків, зменшуються коефіцієнти розсіювання електронів межами зерен ( $R$ ) і зростають коефіцієнти проходження меж зерен ( $r$ ). Якщо у зразках ступінь дисперсності збільшується то росте і питомий опір обумовлений поверхневим розсіюванням, тоді як питомий опір обумовлений зерномежовим розсіюванням падає.

Розрахунки СДВП, проведені при дослідженні металевих плівок показали, що найбільші зміни характерні для зразків з нижчим ступенем дисперсності. Так для плівок Co і Fe, в інтервалі товщин 10-100 нм, зміни СДВП становлять 30-35%. У випадку нанокристалічних плівок Pd і Pt такі зміни становлять 10-



20%. Як приклад, на рисунку 2 б наведено розрахункові залежності СДВП від товщини зразка. Характер зміни СДВП при збільшенні середнього розміру зерна узгоджується з даними робіт [7-9], які отримані з використанням різних методик. Для пояснення отриманого результату, про вплив на величину СДВП середнього розміру зерна, в роботі [9] скористались адитивністю різних механізмів розсіювання і прийшли до висновку, що при малих значеннях товщини величина СДВП визначатиметься саме розмірами плівки. Високий опір такого зразка, у першу чергу, буде спричиняти поверхневе розсіювання електронів. У полікристалічних плівках загальне значення СДВП залежить від складової, яка пов'язана з розсіюванням на межах зерен -  $\lambda_{gb}$ . При цьому, на думку автора [9],  $\lambda_{gb}$  та відповідно  $\lambda_0$  будуть збільшуватись доти, доки фононне розсіювання не стане переважати.



Авторська розробка

**Рисунок 2 - Розмірні залежності  $L$  (а) і  $\lambda_0$  (б) одношарових плівок**

Отже, ступінь дисперсності кристалітів впливає на електрофізичні властивості та параметри електроперенесення плівок. Таким чином, формуючи плівкові зразки з тим чи іншим розміром зерна можна керувати електрофізичними властивостями та враховувати їх при переході від одно- до дво- і багатошарових зразків.

### Висновки.

Було встановлено, що при розрахунку параметрів електроперенесення для полікристалічних одношарових плівок Fe, Co, Pd і Pt в інтервалі товщин від 10 до 100 нм найоптимальнішою є модель ізотропного розсіювання ТТП.

Показано, що ступінь дисперсності кристалітів впливає на параметри електроперенесення, а отже, і на електрофізичні характеристики плівкових зразків на основі Fe, Co, Pd і Pt, що можна використати для прогнозування цих характеристик в умовах дії деформаційних і магнітних полів.

### Література:

1. Magneto-strain effect in double-layer film system / Z. M. Makukha, S. I. Protsenko, L.V. Odnodvoretz [et al.] // J. Nano- Electron. Phys. – 2012. – V. 4, № 2. – P.02043-1 – 02043-3.





2. Deformation effects in the tensoresistive properties of film materials as sensitive elements of electronics / A.S Kulak, O.S. Lobodyuk, A.K Rylova, K.V. Tyschenko // Materials and Program of the Scientific and Technical Conference [Physics, electronics, electrical engineering – 2018], Sumy: SSU. – 2018. – P. 73

3. Giant Magnetoresistance: Basic Concepts, Microstructure, Magnetic Interactions and Applications / I. Ennen, D. Kappe, T. Rempel, C. Glenske, A. Hütten, Sensors, 2016. V. 16(6). 904 <https://doi.org/10.3390/s16060904>

4. K. Sato and E. Saitoh, Spintronics for Next Generation Innovative Devices (Wiley: 2015).

5. Mohapatra J, Xing M, Elkins J and Liu J P 2020 Hard and semi-hard magnetic materials based on cobalt and cobalt alloys J. Alloys Compd. 824 153874

6. Проценко С. І., Оdnодворець Л. В., Чешко І. В., Пазуха І.М. Структура, дифузійні процеси і магніторезистивні та електрофізичні властивості плівкових матеріалів: Монографія / За загальною редкцією проф. І.Ю. Проценка. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 197 с.

7. The contribution to the scattering of electrons in the magnetoresistance of multilayers of nonmagnetic metals / I.Yu. Protsenko, L.V. Odnodvoret, S.I. Protsenko, M.O. Shumakova. 2016. PAST, V. 101. №1. P. 121–123.

8. Проценко І.Ю., Саєнко В.А. Тонкі металеві плівки (технологія і властивості). – Суми: СумДУ, 2002. – 187 с.

9. Protsenko I.Yu, Odnodvoret's L.V., Chornous A.M. Electroconductivity tenso-sensitivity of multi-layer films // Met. Phys. Adv. Tech. – 1999. – V. 18, – P. 47–75.

**Abstract.** In the work, the method of determining the electrocarried parameters and the features of the application of theoretical models are considered. Based on data on the microstructure and electrophysical characteristics of Pd, Pt, Fe, and Co films in the thickness range of 10-100 nm, the specularity parameter, grain boundary transparency, and electron scattering coefficient at the grain boundary were calculated. The nature of the dimensional dependences of the mean electron free path length and the parameter  $\lambda_0(1-p)$  has been established.

**Key words:** electrocarried parameters, mean free path length of electrons, dimensional effects.

Стаття відправлена: 19.02.2023 р.

© Гричановська Т.М.



УДК 004.89

**GIS AS A TOOL FOR DETERMINING THE CONSEQUENCES OF  
NEGATIVE ANTHROPOGENIC INFLUENCE****ГІС ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИЗНАЧЕННЯ НАСЛІДКІВ НЕГАТИВНОГО  
АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ****Bandurka O.I. / Бандурка О.І.***Senior Lecturer /ст. викл.*

ORCID: 0000-0002-8059-1861

**Svynchuk O.V. / Свинчук О.В.***s.ph.-m.s., as.prof. / к.ф.-м.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-9032-6335

**Barabash O.V. / Барабаш О.В.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0003-1715-0761

**Shvaiko V.G. / Швайко В.Г.***Senior Lecturer /ст. викл.*

ORCID: 0000-0002-9304-8710

*National Technical University of Ukraine**“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Politechnichna, 6, 03056**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського», м. Київ, пр-т Перемоги, 37, 03056*

**Abstract.** *The work is devoted to the application of GIS technologies in the modeling of flood research processes caused by negative anthropogenic influence. The considered technology of geoinformation provision of modern models of the formation of a flood monitoring system with an assessment of the consequences of flooding on the basis of open spatial data. The methodology and results of flood risk assessment modeling based on DZZ and GIS technologies are presented. Using the example of an abnormally high level of flooding in the studied territory, a web application was created with a graphic demonstration of the flooded territory, a display of information about all objects in the area affected by the flood, a selection of infrastructure objects damaged by the flood and a display of the result of the flood impact analysis.*

**Keywords:** *GIS technologies, remote sensing of the Earth, monitoring, web application, risk assessment.*

**Introduction.**

The present of modern science shows fundamental changes that are associated with the growing volume of data in free access, the emergence of modern algorithms for their processing and analysis. With the development of information technologies, traditional terrestrial methods of information collection are almost not used, they are replaced by technologies of remote sensing of the Earth (DSR) and geographic information systems (GIS), which ensure high efficiency of data acquisition and processing. Objects and processes described in GIS are a part of everyday life, and almost every decision made is conditioned by one or another spatial factor. Nowadays, the use of GIS technologies contributes to the solution of complex applied problems in various spheres of human activity [1]. GIS technologies together with physical-mathematical models for the study of various processes and phenomena have become the main tool for studying nature as a result of the negative anthropogenic impact on it. The information provision of emergency situations



requires the involvement of a large volume of various information from various sources, data analysis and their presentation in an accessible form to the management of relevant institutions in a short time for making management decisions.

The purpose of this study is to develop a web application for flood monitoring with an assessment of the consequences of flooding. This will make it possible to ensure wide coverage of potentially dangerous areas, high accuracy of results, because objective and timely monitoring information is necessary for solving the tasks of restoring damaged areas.

### Main part.

In order to ensure the appropriate living conditions of the population in the territories affected by floods and increase the level of environmental safety of these territories, it is necessary to determine the extent of the impact of flooding processes in a timely manner, which makes it possible to quickly respond to them by making appropriate management decisions. Modern flood forecasting systems at the national and regional levels operate on the basis of GIS technologies.

It is known that methods of monitoring the environment can be divided into 2 groups: contact measurement methods and DZ methods [2]. Today, modern GIS technologies are an effective tool in solving water resource management issues [3-4]. The process of active implementation of GIS technologies in hydrology is presented in works [5-6]. In studies [7-10], the process of data preparation for modeling and management of water resources, which later became standards, was considered.

Space images from the Landsat 8 OLI satellite are used to create graphic maps. These images can be obtained from the open electronic resource <http://earthexplorer.usgs.gov>. Atmospheric correction of the images is carried out, the digital number is converted into the surface reflection coefficient, the normalized wetness index (NDWI) is decomposed into a binary raster layer, where the water surface classes and other classes are separated by a threshold value, which is calculated using the Otsu method and is similar to the discriminant analysis method Fisher. The optimal threshold is obtained from the solution of system (1):

$$\begin{cases} \sigma^2 = P_{nw} (M_{nw} - M)^2 + P_w (M_w - M)^2, \\ M = P_{nw} M_{nw} + P_w M_w, \\ P_{nw} + P_w = 1, \\ t^* = \text{ArcMax} \left\{ P_{nw} (M_{nw} - M)^2 + P_w (M_w - M)^2 \right\}, \end{cases} \quad (1)$$

where  $\sigma$  – interclass dispersion of water and other classes,  $M$  – average value NDWI,  $P_{nw}$  – the probability of classes that are not related to water,  $P_w$  – probability of water,  $M_{nw}$  – class average without water,  $M_w$  – the average value of the water class.

It is also important to consider harvest periods from land for agricultural activities, as the model may erroneously include them in the flood zone. For this, the basis for uninhabited lands should be prepared using the normalized vegetation index NDVI, which we obtain from a satellite image according to formula (2):



$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \tag{2}$$

where NIR – amplitude of reflection in the near-infrared region of the spectrum, RED – amplitude of reflection in the red region of the spectrum.

For the accuracy of the results, the normalized difference water index NDWI is still calculated, the threshold value for which is found using the Otsu method and system (1) with the replacement of water and non-water by vegetation and non-vegetation. A threshold value is used to classify layers based on binary. As a result, on the basis of the received data and the received layers, an intersection search operation is carried out and the inundation zone according to danger, damaged areas of land and geographical objects are distinguished.

Spatial data based on GIS packages for a geometric approach using multi-criteria analysis are used to model flood hazard areas. The impact of the criteria is calculated using the Analysis Hierarchy Method (AHP). The method is based on a semi-quantitative approach, which makes it possible to evaluate the impact of criteria depending on their importance for the occurrence of flooding. Ukraine has its own criteria (table 1).

**Table 1. Criteria for influencing flood formation**

Parameters	Accumulation of water	The possibility of a shower	Height	Depth Soil water	Land use	Flow coefficient	Incline	Geology
Accumulation of water	1	2	2	3	5	7	7	9
The possibility of a shower	0,5	1	1	3	4	5	6	7
Height	0,5	1	1	2	3	5	5	7
Depth soil water	0,33	0,33	0,5	1	3	4	5	6
Land use	0,2	0,25	0,33	0,33	1	2	4	5
Flow coefficient	0,14	0,2	0,2	0,25	0,05	1	3	5
Incline	0,14	0,17	0,2	0,2	0,25	0,33	1	3
Geology	0,11	0,14	0,14	0,17	0,2	0,2	0,33	1

For each matrix, you need to find the consistency coefficient (CR), which is calculated according to the formula:

$$CR = \frac{CI}{RI}, \tag{3}$$



where RI is an index that depends on the number of criteria and CI is a consistency index calculated by the formula:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (4)$$

where  $\lambda_{\max}$  – the maximum value of the comparison matrix,  $n$  – total number of criteria. For a detailed selection of more problematic places on the map, you need to break down the criteria into categories.

After calculating the effect of the parameters, it is necessary to calculate the force of the flood on the landscape. For this, the flood danger index is used, which is calculated according to the formula:

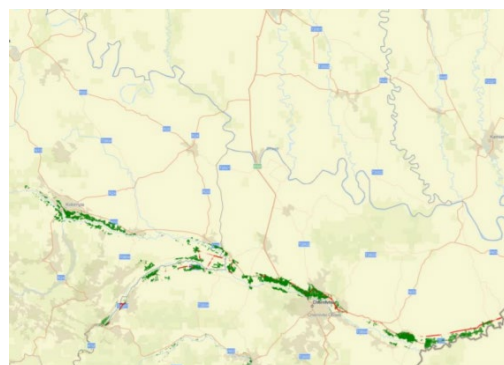
$$FHI = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij} w_i, \quad (5)$$

where FHI – flood danger index,  $m$  – the number of categories of criteria,  $n$  – the total number of criteria,  $r_{ij}$  – rating of the  $i$ -th parameter for the  $j$ -th category,  $w_i$  – influence of the  $i$ -th parameter.

The developed web application is created for desktop personal computers on Windows operating systems and has the following functionality:

- graphic demonstration of the flooded territory;
- display of information about all objects in the area affected by the flood;
- allocation of infrastructural facilities damaged by the flood;
- display of the result of flood impact analysis.

In the web application, you can open an interactive map (Figure 1) with an image of the studied area with the necessary layers (flooding area, mountain streams, rivers with a width of more/less than 3 meters, lakes), display all damaged geographical objects at once (Figure 2). The territory of western Ukraine - the basin of the Dniester River in 2020 - was chosen for the study.

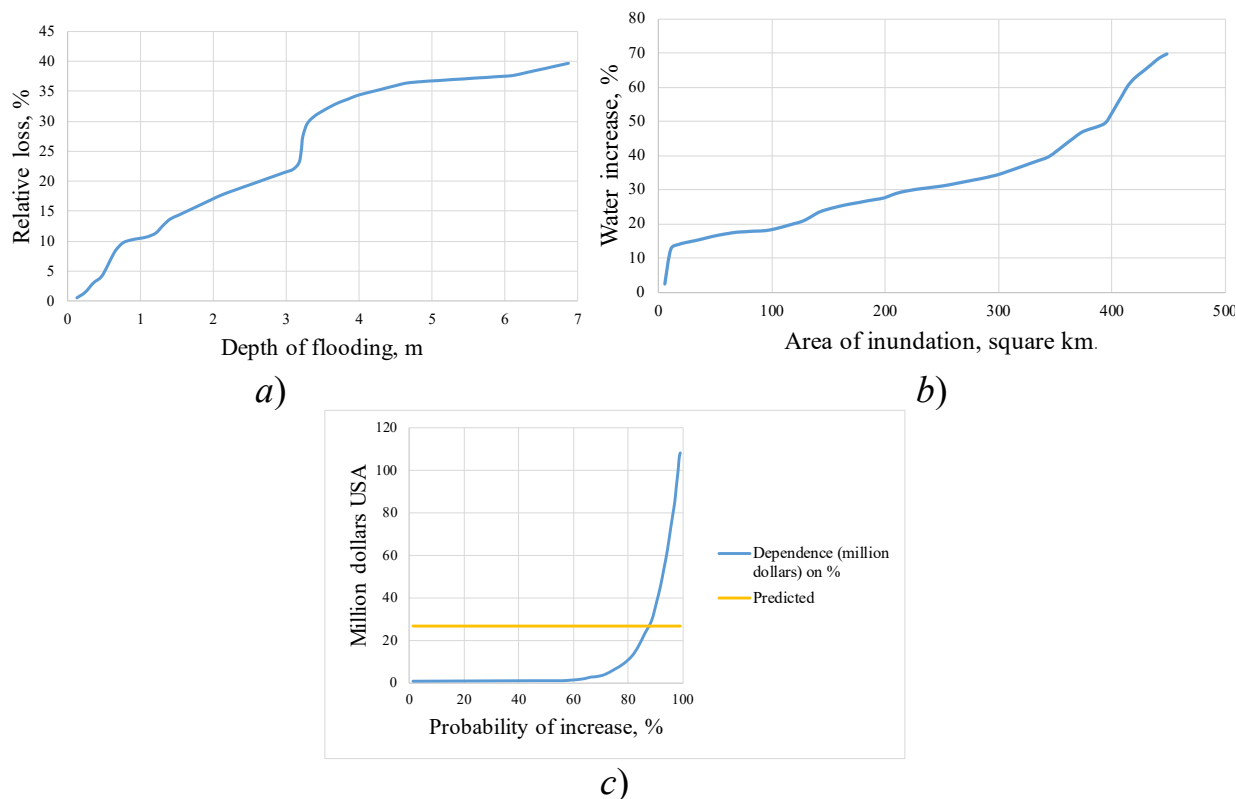


**Figure 1 – Image of the Western region from Ukraine**      **Figure 2 – Image of the Western region of Ukraine with damage**

The application also helps the user find information about all settlements, rivers and bridges in this area, assess the risks of flood impact and calculate the damage caused. Figure 3 presents flood risk assessment graphs. They are interactive and allow you to manipulate them.



This web application will be useful for the leadership of the country/region/district, as well as for the state service of Ukraine for emergency situations, as it will increase the level of providing responsible persons with operational and reliable information for assessing the scale of floods and planning measures to reduce their negative consequences.



**Figure 3 – Flood risk assessment:**

- a) the standard dependence of object damage on the depth of flooding,  
 b) the dependence of the flooded area on the increase of water in the river,  
 c) the dependence of the probability of an increase in total damage from a flood.

### Conclusion.

The developed web application allows you to quickly diagnose inundation zones due to floods and assess the consequences of flooding. This software product is quite flexible and versatile, it can be easily adapted for use not only in assessing the consequences of floods, but also in their forecasting and prevention.

A promising direction for improving the application is the introduction of artificial intelligence, which would make it possible to more efficiently and accurately analyze flooded areas, assess damages, add 3D modeling of the process of flooding land and settlements, as well as prepare recommendations for specific areas where flood prevention measures are carried out.

### Literature:

1. Slobodianyuk M.P. The use of forest management methods and GIS technologies to monitor forest resources. *Bulletin of Geodesy and Cartography*. 2014. No. 1(88). P.27–31.
2. Mozgovoy D.K., Chornenko M.V. Online geoinformation web services for



processing satellite images. *Bulletin of DNU. Rocket and space technology*, 2016. Vol. 13, No. 24 (4). P. 89–95.

3. Zatserkovny V.I., Burachek V.G., Zheleznyak O.O., Tereshchenko A.O. Geoinformatics analysis of spatial data. Nizhin: NSU named after M. Gogol, 2017. 237 p.

4. Zatserkovnyi V.I., Bogoslavskiy M.D. Modeling of flooding of populated areas using HIT. *Bulletin of the Astronomical School*. 2016. Vol. 12, No. 1. P. 38–43.

5. Neteler M., Bowman M.H., Landa M. & Metz M. GRASS GIS: A multipurpose open source GIS. *Environmental Modelling and Software*. 2012. Vol. 31. P. 124-130.

6. Baxter E. Vieux Distributed Hydrologic Modeling Using GIS. Part of the book series: *Water Science and Technology Library*. 2016. Vol. 74. 260 p.

7. Kuchment L.S., Romanov P.Yu., Gelfan A.N. & Demidov V.N. Use of satellite-derived data for characterization of snow cover and simulation of snowmelt runoff through a distributed physically based model of runoff generation. *Hydrology and Earth System Sciences*. 2010. Vol. 14. P. 339-350.

8. Vinogradov Y.B., Semenova O.M. & Vinogradova T.A. An approach to the scaling problem in hydrological modelling: the deterministic modelling hydrological system. *Hydrological Processes*. 2011. Vol. 25. P. 1055–1073.

9. Quéno L., Vionnet V., Dombrowski-Etchevers I., Lafaysse M., Dumont M. & Karbou F. Snowpack modelling in the Pyrenees driven by kilometric-resolution meteorological forecasts. *Cryosphere*. 2016. Vol. 10. P. 1571–1589.

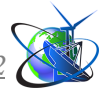
10. Chintalacheruvu Madhusudana Rao, K. C. Patra, D. Jhajharia, Sangeeta Kumari Advanced Modelling and Innovations in Water Resources Engineering Select Proceedings of AMIWRE 2021. Part of the book series: *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2022. Vol. 176. 792 p.

**Анотація.** Робота присвячена застосуванню ГІС-технологій при моделюванні процесів дослідження повеней, спричинених негативним антропогенним впливом. Розглянута технологія геоінформаційного забезпечення сучасних моделей формування системи моніторингу повеней з оцінкою наслідків затоплення на основі відкритих просторових даних. Представлена методика та результати моделювання оцінки ризиків повеней на основі ДЗЗ та ГІС-технологій. Для створення графічних карт використовуються космічні знімки супутника Landsat 8 OLI. На прикладі аномально високого рівня повеней на досліджуваній території створено веб-додаток з графічною демонстрацією затопленої території, відображенням інформації про всі об'єкти в зоні впливу повені, виділенням інфраструктурних об'єктів, що зазнали шкоди внаслідок повені та відображенням результату аналізу впливу від повені. Dodatok допомагає знайти користувачеві інформацію про всі населені пункти, річки й мости в цій зоні, оцінити ризики впливу від повені та поррахувати завдані збитки. Даний програмний продукт є досить гнучким та універсальним, він може бути легко адаптованим для застосування не тільки для оцінки наслідків повеней, а й для їх прогнозування та попередження.

**Ключові слова:** ГІС-технології, дистанційне зондування Землі, моніторинг, веб-додаток, оцінка ризиків.

Article sent: 27.01.2023

© Bandurka O.I., Svynchuk O.V., Barabash O.V., Shvaiko V.G.



UDC 004.2

**PRACTICAL ANALYSIS OF SOFTWARE QUALITY****Kudryavtsev O. A.**

Postgraduate student

Cherkasy state technological university,

Cherkasy, bul. Shevchenka, 460,18000

**Abstract.** Success of any project is defined by its ability to satisfy the consumer needs. That is why providing high quality is a necessary task for any production, including software engineering. Software quality is a complex subject. Standards distinguish quality of processes of development, internal and external quality of software, quality of software at stage of using. There is a set of metrics defining quality of software for each of the quality components. Obtained structure is called a model of software quality. Software metric is a measure allowing to receive a numerical value of some aspect of software or its specifications, as well as method of calculation of such value. Metrics allow receiving numerical values of each software aspect or its specifications. Metrics of software complexity are of special interest. Complexity is an important factor which can impact other quality parameters such as accuracy, reliability, correctness, maintainability.

**Keywords:** software quality; software testing; quality metrics

**Introduction** Software testing is one of quality control techniques. It includes test management, test design, test execution and test analysis.

Purposes of software testing:

- Detection of defects.
- Raising quality level.
- Supplying information for decision making.
- Preventing the occurrence of defects.
- Supplying information about software quality to end customer.

Software testing lifecycle is a part of software lifecycle. They must be synchronized with each other. Design and development of testing may be as complicated and time-consuming as software development itself. If testing is not done with initial release of software, many problems will be identified at later stages of development. As a result, product release is often postponed due to long period of software bug fixing which almost neutralizes the advantages of iterative development.

**Purpose of this paper** The purpose is to present developed software. Its main function is to calculate metric measuring quality of software code.

**Statement of basic materials** Let us consider the detailed definition of “Software testing”.

At different times and in different sources, testing is defined differently. Let us look at some of the definitions.

Lisa Crispin and Janet Gregory defined software testing as a process of program execution with a goal to find mistakes [2].

Cem Kaner said that testing is an intellectual discipline with a purpose to receive reliable software without spending too much effort on its checking [3].

Glenford Myers, Tom Badgett, Corey Sandler noted that software testing is a conformity check between real and expected program behavior at finite number of





tests completed in a certain way [1].

Robert Culbertson, Chris Brown and Gary Cobb in their book “Rapid testing” described software testing process as a process of observation of program execution in special conditions and scoring of any aspects of its work based on such observation [4].

In a textbook “Software verification” testing is a process which is aimed to identify situations where program behavior is wrong, undesirable or where it does not conform to specification [5].

Boris Beizer in his work noted that software testing is a process which includes all lifecycle activities, both static and dynamic, relating to planning, preparation and evaluation of software and related work results in order to determine that they meet the declared requirements and to define defects [6].

Automated testing is one of the types of software testing. Automated testing uses software tools for testing and verification of correctness of the results. It simplifies and accelerates testing. Main advantage of automated testing is the ability of repetition of testing without human involvement. Automated testing at the code level is the traditional and most popular way among developers. The second way of automatization of testing is to imitate user actions using special instruments (GUI-testing).

Let us consider the concept of software product. Studying quality of a software product at development phase implies working with the following metrics:

- Complexity.
- Correctness.
- Usability.
- Reliability.
- Performance.
- Mobility.

Of all these metrics it is complexity which is best subjected to formal evaluation. Moreover, complexity management is the key to receiving adequate values of other metrics, such as correctness, reliability, performance.

The better software is engineered the lower is its complexity: the lower is its complexity the easier developer navigates the program and writes new code, the lower the probability of creating new bug and the higher the chance to identify existing one. Lower software complexity significantly decreases development time and its maintenance cost.

Software complexity metrics are divided into three main groups:

- Metrics of software size.
- Metrics of complexity of software control flow.
- Metrics of complexity of software data flow.

The central points are used as the main statistical characteristics of the distribution of metrics for classes in the collection:

- Mathematical expectation – mean value of random variable:

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$



– Variance – an indicator of scattering of values of random variable relative to its mathematical expectation:

$$x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

– Skewness characterizes occurrences when different reasons favor more frequent appearances of values above or below mean. Right-skewness (positive) means that lower values of distribution appear more frequently, left-skewness (negative) – higher ones:

$$A = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^3}{n\sigma^3}$$

– Kurtosis characterizes the degree of sharpness of the peak of the distribution of a random variable and is determined by the formula:

$$E = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^4}{n\sigma^4} - 3$$

Dimension driven metrics directly measures software product and its development process. The most used software source code metric is Source Lines of Code (SLOC). It displays the size of the software project.

**SLOC (Source Lines of Code) metric.** Initially, SLOC had been used when programming languages had been relatively simple. One line of code in such languages had been equal to one language command. Later programming languages developed and became much more flexible, so one line of code can now contain multiple language commands. Taking this into consideration, two versions of SLOC metric were developed:

1. Number of "physical" SLOC (abbreviated as LOC, SLOC, KLOC, KSLOC, DSLOC) is a total number of source code lines, including commentaries and empty lines (when measuring the indicator for the number of empty lines, as a rule, a restriction is used – their number is taken into account, not exceeding 25% of the total number of lines in the measured code block).

2. Number of "logical" SLOC (abbreviated as LSI, DSI, KDSI, where SI – Source Instructions) is a total number of commands. It depends on the used programming language. In this case, if language does not allow putting multiple command on one line, the number of "logical" SLOC will be equal to the number of "physical" SLOC except for empty lines and commentaries. If the programming language supports putting multiple commands on one line, one "physical" line must be measured as multiple "logical" ones if it has more than one language command.

With respect to calculating SLOC metric here, it may be noted that there is no single universally agreed and oriented approach acceptable for different programming languages. In the most cases, SLOC is defined as a total number of lines of code except for empty lines and commentaries. Usually a number of "physical" SLOC is counted and multiple operands on the same line are not taken into account.

There are many products of SLOC metric for obtaining different indicators of a project. The main products are:

- ✓ Number of Blank Lines of Code (BLOC);
- ✓ Number of Comment Lines of Code (CLOC);



- ✓ Number of Lines with Both Code and Comments (C&SLOC);
- ✓ Number of lines with declarative source code;
- ✓ Number of lines with imperative source code;
- ✓ Percentage of commentaris (number of lines with commentaries multiplies by 100 and divided by a number of lines with code);
- ✓ Mean value of lines for functions (methods);
- ✓ Mean number of lines for modules
- ✓ Mean number of lines for classes.

Initial data for calculation of LOC metrics:

Performance = Length (thousands, LOC) / Expenses (people-month);

Quality = Errors (units) / Length (thousands, LOC);

Unit cost = Cost (thousands) / Length (LOC);

Documentation = Pages of a document (pages) / Length (thousands, LOC).

**Description of developed software** After the analysis of environments for writing automated tests, Selenium IDE was chosen.

Selenium IDE (integrated development environment) is an easy-to-use browser extension which helps to develop test scenarios for web pages. This instrument allows recording a certain scenario of user behavior at a website and then play the recorded actions automatically and edit it later according to requirements.

During development of a complex project, it becomes inconvenient to contain all code in one file. That is why it is split to separate modules. To build all these modules, developers uses build command. Besides, building process may include compilers. Instead of JS/CSS their dialects (CoffeeScript, SCSS, LESS, SASS) can be used.

Jenkins is an open-source instrument for continuous integration written in Java. It was forked away from Hudson after a dispute with Oracle. Jenkins provides services of continuous integration for software development.

For realization and running of an automated test web browser, Mozilla Firefox was chosen. Selenium IDE extension was installed. After opening Selenium environment, it is possible to create a new project immediately and start recording actions for execution.

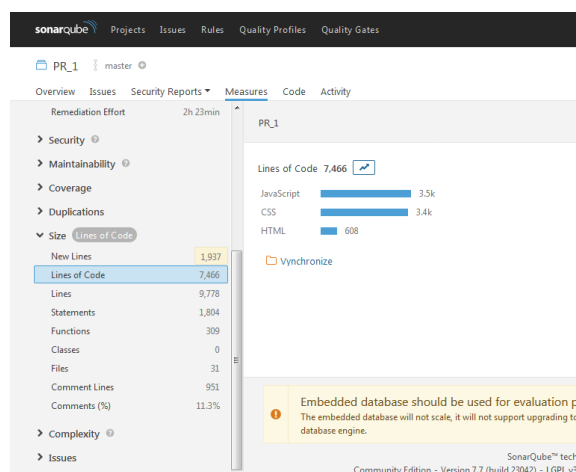
After creating a project, an address for beginning execution of actions was determined. It was a Jenkins localhost address.

After a page with this address opens, it is necessary to enable actions recording that will be executed by a user through website interface by pressing a “Start recording” button in a Selenium environment window. It is necessary to open project in Jenkins in a recording actions mode and assemble a new collection with the latest changes in the code, wait until collection finishes executing and go to a number of its latest version. Then it is necessary to open a console and follow a link to SonarQube, where one can open and see the results of scanning of a project in details (Figure 1).

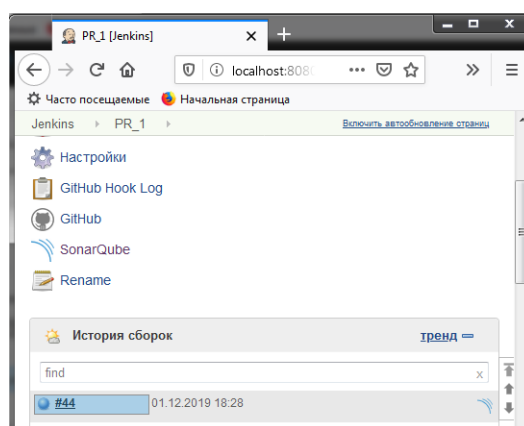
Now it is necessary to copy required data to write them to a code of an automated test. For this, it is needed to enable the inspector in the interface of Selenium window and choose data that need to be saved for their further processing. After choosing data at the website via the inspector in a current step in automated test code, an element of code of a web-site is recorded. There necessary data are stored.



At each next running of the automated test at this step, new data which will be displayed in this element of the website code will be copied.



**Fig. 1 – Window with results of scanning of a project in SonarQube**



**Fig. 2 – Recording actions mode in Selenium IDE**

After saving the necessary data at Selenium, one should set a transition to the page where the form for entering the saved data is located in order to calculate this data using a formula in accordance with the selected metric. In the input field, one must enter previously saved data from SonarQube, such as:

- Performance;
- Quality;
- Cost;
- Documentation.

**Summary and conclusions.** For calculation of the data based on the results of analysis of project code at SonarQube the SLOC metric was selected.

The obtained data at SonarQube can be calculated by SLOC metric formula. These data need to be written to variables at Selenium IDE to be able to use them in data calculation form. Transferring data to the input fields is performed by identifying each field with an identifier and transferring the corresponding data to the corresponding fields. To execute a function that will calculate data from the form fields, one needs to create a button for calculation and assign an event that will launch the calculation function every time after clicking the button to it.



**ЛОС-Оцінка**

**Продуктивність** = Довжина (тис. LOC) / Витрати (чол-міс.)  
 = 4977.3

**Якість** = Помилки (од.) / Довжина (тис. LOC)  
 = 0.00442

**Питома вартість** = Вартість(тис.) / Довжина (LOC)  
 = 0.66970

**Документованість** = Сторінок документа (стор.) / Довжина (тис. LOC)  
 = 0.00415

**Fig. 3 – Results of calculations using the SLOC metric formula**

Therefore, we can conclude that with the help of the developed system, it will be possible to calculate metrics that will represent the quality of the program code.

### References

1. Glenford Majers, Tom Badzhett, Kory Sandler The art of software testing. Moscow: Dialektika., 2012. 272 с.
2. Lajza Kryspyn, Dzhanet Gregory Agile Testing: A Practical Guide for Software Testers and Agile Teams. Moscow: Viliams., 2010. 464 с.
3. Kaner Kem, Folk Dzhek, Nguen Eng Kek Software testing. Fundamental Concepts of Business Application Management. Kiiv: DiaSoft, 2001. 544 с.
4. Kalbertson Robert, Braun Krys, Kobb Gery Rapid testing. Moscow: Viliams, 2002. 374 с.
5. Synyczin S. V., Nalyuty`n N. Yu. Software verification Moscow: Binom, 2008. 368 с.
6. Bejzer B. Functional testing technologies for software and systems. Piter: SPb, 2004. 320 с.
7. Unit testing [electronic source]. Available: [https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/208290/mod\\_resource/content/2/%D0%9B%D0%A0%20%E2%84%964.pdf](https://msn.khnu.km.ua/pluginfile.php/208290/mod_resource/content/2/%D0%9B%D0%A0%20%E2%84%964.pdf)
8. Unit testing [electronic source]. Available: <https://studfile.net/preview/14533269/>
9. Types of testing and differences between them [electronic source]. Available: <https://www.quality-assurance-group.com/vydy-testuvannya-ta-vidminnosti-mizh-nymy-shpargalka-z-testuvannya-chastyna-4/>
10. Software system context [electronic source]. Available: <https://stepik.org/lesson/106620/step/1?unit=81144>
11. Principles of testing [electronic source]. Available: <https://qalight.com.ua/baza-znaniy/pochemu-testirovanie-neobhodimo/>
12. Odokienko S., Luta M., Savchenko Y. Practical analysis of the source of source software. Management of Development of Complex Systems, Kiyv, 44, 2020



УДК [004.7-047.72]:656.2

**METHODOLOGY FOR THE FORMATION OF COMPETENCES OF FIRST DEGREE HOLDERS IN THE DISCIPLINE «MATHEMATICAL FOUNDATION OF INFORMATION SECURITY»****МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ У ЗДОБУВАЧІВ ПЕРШОГО СТУПЕНЯ З ДИСЦИПЛІНИ «МАТЕМАТИЧНІ ОСНОВИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ»****Rakhomova Victoria / Пахомова Вікторія***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-0022-099X

Ukrainian State University of Science and Technology,

Ukraine, Dnipro, Lazaryan St., 2, 49010

Український державний університет науки і технологій,

Україна, Дніпро, вул. Лазаряна, 2, 49010

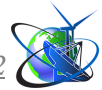
**Abstract.** The proposed methodology "MathFISLearn" for the formation of competencies of applicants for the degree "bachelor" in distance learning in the discipline "Mathematical foundations of information security": 1) the study of basic mathematical concepts, theorems and methods in the following sections: the theory of divisibility; theory of decomposition; number theory; the theory of lichens and the theory of algebraic structures during lectures conducted using the "Zoom" system, 2) algorithmization and programming for the implementation of: Euclid's algorithm; extended Euclidean algorithm; Fermat algorithm; decomposition of the number by dividing by sampling; sieve of Eratosthenes; Miller's test and organization of relevant research during laboratory work, 3) acquisition of practical skills in solving systems of equations according to the module based on various mathematical approaches and means when performing independent work using recommended sources, 4) elaboration of theoretical material using lecturer presentations and passing testing in the "Lider" system.

**Keywords:** competence, distance learning, information security, mathematical concepts, theorems, tests, algorithms, approaches, tools.

**Introduction**

**Problem statement.** The coronavirus and our "new life under fire" led to the use of distance learning, in particular in the discipline "Mathematical Foundations of Information Security" and the formation of relevant subject competencies among first-degree applicants under martial law, which confirms the relevance of the topic.

**Analysis of recent research.** Evaluation of competencies is the subject of research of such scientists as: Bykov V. Yu., Gurevich R. S., Gurzhiy A. M., Morse N. V., Ovcharuk O. V., Spirin O. M., Sysoeva S. O., Zhaldak M. I. and others. It is important to identify, analyze and summarize the experience of EU countries, significant international organizations and initiatives (UNESCO, ECDL, MICROSOFT, INTEL, etc.), as well as comparability for modern Ukrainian education in international studies of the quality of education (PISA, TIMSS, PEARLS) [1]. The analysis of recent research and publications revealed [1-7] the following: 1) the lack of unified information and communication technologies for training in the discipline "Mathematical Foundations of Information Security"; 2) lack of a general methodology for organizing information security using various mathematical methods and algorithms; 3) features of generation Z and the relevant features of training applicants for the first stage; 4) the need to use distance learning



under the condition of the current situation in the world, and became the basis for the development of its own methodology "MathFISLearn".

**The purpose of the article** is to develop a methodology for the formation of subject competencies among applicants for the degree of "bachelor" in distance learning in the discipline "Mathematical Foundations of Information Security".

**1. Formation of subject competencies during lecture sessions**

The proposed methodology "MathFISLearn" provides an opportunity for applicants for the first degree in distance learning in the discipline "Mathematical Foundations of Information Security" to study the basic concepts, theorems and methods in the following sections: the theory of divisibility; theory of decomposition; number theory; the theory of lichens and the theory of algebraic structures during lecture sessions (32 hours), After the lecture lessons, the applicant must work out theoretical material based on the compiled presentations of the teacher, which are located in the distance learning system "Lider" [3], and undergo appropriate self-testing. So, for example, when studying the theory of lichens, the applicant of the first stage must: 1) know the definition (modulo comparison and the basic properties of comparisons, the Euler function and its properties, the witness to the decomposition of the number, Carmichael number, etc.); 2) to proof theorems (lemma, Fermat's minor theorem, Fermat's theorem, Corcelt's theorem, etc.); 3) find solutions to problems based on the use of Fermat and Euler theorems.

Finding a solution to some practical problems in the discipline "Mathematical Foundations of Information Security" requires drawing up tables (Table 1 for calculating the largest common divisor).

**Table 1. Using the advanced Euclidean algorithm (general view)**

Remains	Incomplete particles	$x$	$y$
$a$	—	1	0
$b$	—	0	1
$r_1$	$q_1$	$x_{j-2} - q_j \cdot x_{j-1}$	$y_{j-2} - q_j \cdot y_{j-1}$
$r_2$	$q_2$	...	...
$r_3$	$q_3$	...	...
...	...	...	...
$r_{n-1}$	$q_{n-1}$	...	...



An example (Figure 1) shows the decomposition of the number 105/38 into a continuous fraction and the compilation of a table of subordinate fractions.

$q_s$		2	1	3	4	2
$P_s$	1	2	$1*2+1=3$	$3*3+2=11$	$4*11+3=47$	$2*47+11=105$
$Q_s$	0	1	$1*1+0=1$	$3*1+1=4$	$4*4+1=17$	$2*17+4=38$

Figure 1. Formation of subordinate fractions

### 2. Formation of subject competencies during laboratory work

The proposed "MathFISLearn" technique involves using guidelines [4, 5] the following laboratory works (16 hours): 1) fundamental division algorithms (Euclidean algorithm and extended Euclidean algorithm); 2) decomposition of the number into factors (by sampling and using the Fermat algorithm); 3) methods for generating prime numbers ("Eratosthenes' sieve" and the use of polynomial formulas); 4) lichen theory (linear comparison solution and Miller test), and also provides an opportunity for first-degree applicants to gain practical skills in algorithmization and programming. So, for example, from the theory of division, acquire practical skills in calculating the largest common divisor and the smallest common multiple based on: Euclid's algorithm; extended Euclidean algorithm; canonical decomposition of numbers, as well as compare the possibilities of different approaches based on the results of research conducted on the created programs.

### 3. Formation of competencies during the performance of independent work

The proposed method "MathFISLearn" provides an opportunity for applicants for the first degree when performing independent work on the basis of recommended sources [4, 6] to acquire practical skills in finding a solution to compare the first power by various mathematical means: Euler's theorem; properties of finite chain fractions; extended Euclidean algorithm; properties of comparisons by module. In addition, when performing independent work, the applicant can receive interesting information about the life and research of outstanding scientists, such as: Abel; Adamar; Bertrand; Carmichael; Corselt; Eratosthenes; Euler; Farm; Gauss; Germain; Goldbach; Leibnitsa; Maltsev; Mersen; Miller; Riman; Vinogradov and others, the contribution of which is studied in the framework of the discipline "Mathematical Foundations of Information Security".

### 4. The use of a research approach in distance learning

Boyko M. A., Hrynevych L. M. and Morse N. V. determine that "the research and cognitive method should become the most important component of the scientific program at all levels and in all branches of science" [2]. The directions of acquisition of research competence of applicants should include: analytical review of scientific sources; solving a system of comparisons by module based on the use of two approaches: according to the Chinese pastor theorem and by the substitution method; analysis of the results; formulation of conclusions.





Features of generation Z and the corresponding features of training applicants for the degree "bachelor" under modern conditions require the introduction of new methods [7] in the conditions of distance learning and the use of interactive teaching methods. So, for example, according to the "Teaching-learning" method, one applicant for the first degree, having created his own program, explains to another applicant and jointly conducts appropriate studies of numbers based on the use of various mathematical tools, in particular, according to Fermat's algorithm and the decomposition of a number by dividing by sampling, as well as a graphical interpretation of the Chinese remainder theorem.

### Conclusions

1. The proposed methodology "LearnMathFIS" for the formation of competencies of applicants for the degree "bachelor" when studying remotely in the discipline "Mathematical Foundations of Information Security": the use of "Zoom" during lecture classes; performance of laboratory work on the basis of compiled programs; performing independent work using various mathematical methods and approaches based on recommended sources; conducting unit testing in the "Lider" system.

2. Based on the use of the proposed methodology "LearnMathFIS", the applicant for the degree "bachelor": firstly, masters the subject competencies in the discipline "Mathematical Foundations of Information Security"; secondly, it acquires practical skills in scientific activity in organizing and conducting research on the basis of the created programs and formulating relevant conclusions on the use of: mathematical apparatus; algorithmization; programming; organization of research and their results.

### Literature:

1. Биков В. Ю., Овчарук О. В. Оцінювання інформаційно-комунікаційної компетентності учнів та педагогів в умовах євроінтеграційних процесів в освіті: посібник. Київ: Педагогічна думка, 2017. 160 с.

2. Гриневич Л. М., Морзе Н. В., Бойко М. А. Наукова освіта як основа формування інноваційної компетентності в умовах цифрової трансформації суспільства. Інформаційні технології і засоби навчання. 2020. т. 77. № 3. 1-26.

3. Дистанційний курс з навчальної дисципліни «Математичні основи інформаційної безпеки» для здобувачів ступеня «бакалавр» спеціальності «Кібербезпека»; укладач: доц. Пахомова В. М. Сертифікат ДК0304 від 03.07.2019.

4. Математичні основи криптографії: навч. посібник / Г. В. Кузнецов, В. В. Фомичов, С. О. Сушко, Л. Я. Фомичова. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2004. 391 с.

5. Пахомова В. М. Математичні методи захисту інформації. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Дніпропетровськ: вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. 22 с.

6. Пахомова В. М. Математичні методи захисту інформації. Методичні вказівки до виконання курсового завдання. Дніпропетровськ: вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. 11 с.

7. Khadim V. Mobile learning and education in the digital age. 2018. URL:



<http://elearningindustry.com/mobile-learning-education-digital-age>

**Анотація.** Запропонована методика «MathFISLearn» щодо формування компетентностей здобувачів ступеня «бакалавр» при дистанційному навчанні з дисципліни «Математичні основи інформаційної безпеки»: 1) вивчення основних математичних понять, теорем та методів за наступними розділами: теорія подільності; теорія розкладання; теорія чисел; теорія лишків та теорія алгебраїчних структур під час лекційних занять, що проводяться за допомогою системи «Zoot», 2) алгоритмізація та програмування щодо реалізації: алгоритму Евкліда; розширеного евклідового алгоритму; алгоритму Ферма; розкладання числа діленням методом проб; решета Ератосфена; тесту Міллера та організації відповідних досліджень під час лабораторних робіт, 3) придбання практичних навичок розв'язання систем порівнянь за модулем на основі різних математичних підходів та засобів під час виконання самостійної роботи з використанням рекомендованих джерел, 4) опрацювання теоретичного матеріалу з використанням презентацій лектора та проходження тестування в системі «Лідер».

**Ключові слова:** компетентність, дистанційне навчання, інформаційна безпека, математичні поняття, теореми, тести, алгоритми, підходи, засоби.



УДК 004.021

**A METHOD FOR CONSTRUCTING LOGICAL CIRCUITS OF MINIMAL COMPLEXITY DESCRIBED BY SYMMETRIC FUNCTIONS BASED ON THEIR FUNCTIONAL DECOMPOSITION****МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ МИНИМАЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ, ОПИСЫВАЕМЫХ СИММЕТРИЧЕСКИМИ ФУНКЦИЯМИ, НА ОСНОВЕ ИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ**

Paulin O.N./Паулин О.Н.

*d.t.s., as. prof/d.m.n., доц.*

ORCID: 0000-0002-2210-8317

*National University «Odessa Politechnica», Odessa, Shevchenko av., 1, 65044**Национальный университет «Одесская политехника», Одесса, просп. Шевченко, 1, 65044*

**Аннотация.** В работе решается проблема минимизации сложности логических схем (ЛС), описываемых симметрическими функциями (СФ), которые определяются несколькими индексами. Индексом называется количество единиц в наборах переменных СФ.

Предлагается метод построения такой ЛС, который состоит из трёх этапов:

1. Проводится функциональная разделительная декомпозиция исходной СФ на подфункции; они строятся над подмножествами множества переменных СФ. Подфункции – это элементарные СФ, определяемые одним индексом.

2. Таблица заполняется значениями индексов подфункций путём их перебора; она минимизируется за счёт объединения определённых столбцов таблицы. Результат минимизации представляется в матричной форме для индексов.

3. Матричная форма переводится в дизъюнктивную нормальную форму для подфункций; строится ЛС в смешанном логическом базисе.

Этапы метода подробно раскрываются в примере; при этом показывается преимущество авторского подхода по сравнению с известным подходом.

**Ключевые слова:** минимизация, логическая схема, симметрическая функция, индекс, метод, функциональная разделительная декомпозиция, подфункция, таблица индексов, объединение столбцов, матричная форма, дизъюнктивная нормальная форма, логический базис.

**Введение.** Проблема построения оптимальных цифровых устройств (ЦУ) упирается в сложность их реализации, определяемой, в том числе, количеством переменных в описании поведения ЦУ. Причём зависимость выходной функции от количества входных переменных является экспоненциальной. Естественным способом справиться с этой проблемой является декомпозиция множества переменных на непересекающиеся подмножества [1]. Однако метод декомпозиции в [1] касается булевых функций (БФ), а в нашем случае рассматриваются симметрические функции (СФ) [2]. Известно, что СФ являются подклассом БФ, однако СФ обладают сильной спецификой по сравнению с БФ. Поэтому метод декомпозиции должен быть модифицирован к отмеченной специфике. В работе [3] предложен метод декомпозиции СФ на основе монотонного базиса. Такой подход имеет ограниченную область применения. Более приемлем метод, не привязанный к конкретному базису.

**Цель работы** – снижение сложности логической схемы ЦУ за счёт упрощения её описания на основе декомпозиции множества  $n$  переменных СФ на непересекающиеся подмножества без привязки к конкретному базису.



### Основная часть.

Функциональной декомпозицией булевой функции (БФ)  $f(X)$  называется [1] представление её в виде совокупности подфункций над подмножествами множества переменных  $X \{x_1..x_n\}$ :

$$f(X) = \varphi_0(X^0, \varphi_1(X^1), \dots, \varphi_k(X^m)), \quad (1)$$

где  $X^i$  – подмножество (может быть пустым) множества переменных  $X$  ( $i=0..m$ );  $\varphi_j(X^i)$  – булева подфункция, зависящая от множества переменных  $X^i = \{x_{1i}..x_{ni}\}$ .

В зависимости от значений параметров  $m$  и  $k$ , а также от способа разбиения множества  $X$  на подмножества  $X^i$  ( $i = 0..m$ ) различают несколько видов функциональной декомпозиции. Для булевой функции с полной симметрией, т.е. симметрической функции (СФ) [2], мы будем использовать *разделительную* функциональную декомпозицию; в этом случае  $X^i \cap X^j = \emptyset$ ,  $i, j=1..m$ ;  $i \neq j$ . При этом нет необходимости выделять подмножество  $X^0$ .

Поскольку СФ – подмножество БФ, способ декомпозиции по (1) может быть применен и к СФ с учётом их специфики, а именно: обобщённое представление СФ в виде списка её индексов. *Индексом* СФ называется то количество единиц в наборе её переменных, при котором функция принимает значение 1. Над каждым подмножеством переменных строится своя подфункция, которая в данном случае является элементарной СФ, определяемой одним индексом. Тогда исходная СФ – это конъюнкция  $m$  подфункций, которая называется *симметрическим комплектом* (СК)  $\tilde{G}_1 \tilde{G}_2 \dots \tilde{G}_m$ ; в конкретном случае выражение для СК принимает вид

$$G_1(a_1) \& G_2(a_2) \& \dots \& G_m(a_m), \quad (2)$$

где  $a_i$  – индекс подфункции  $G_i$ , который может находиться в пределах от 0 до  $m_i$ , где  $m_i$  – число переменных в  $i$ -м подмножестве.

В общем случае исходная СФ может определяться несколькими индексами и СК строится для каждого её индекса отдельно.

**Определение.** *Совершенной декомпозиционной формой* (СДФ) будем называть дизъюнкцию СК.

СДФ имеет вид:

$$y = \bigcup_{i=1}^p H_n(a_i) = \bigcup_{i=1}^p \bigcup_{j=1}^{r_i} (\tilde{G}_1 \cdot \tilde{G}_2 \cdot \dots \cdot \tilde{G}_m)_j, \quad (3)$$

где  $a_i$  – индексы исходной СФ  $y$ ,  $G_1, \dots, G_m$  – подфункции  $j$ -го СК,  $r_i$  – количество СК веса  $a_i$ .

Рассмотрим формулу (3) подробнее. В общем случае исходная СФ является составной, т.е. определяется  $p$  индексами  $a_i$ ; соответственно она может быть представлена дизъюнкцией элементарных СФ, определяемая одним индексом (теорема Шеннона). Это первое равенство формулы (3). Во втором равенстве под вторым знаком объединения записаны СК, которые, во-первых, зависят от конкретного индекса исходной СФ, а во-вторых, определяются конкретным распределением индексов подфункций таких, что их сумма равна данному индексу исходной СФ.

Предложенный нами *метод* построения минимальной по сложности логической схемы (ЛС) заключается в следующем:



1. Проводится декомпозиция исходной СФ на подфункции по (1) с учётом специфики СФ. Для этого множество  $n$  переменных СФ разбивается на  $p$  подмножеств, включающих в себя по 2-4 переменных; выбор переменных для подмножеств не важен. Строятся подфункции  $G$  над подмножествами; это элементарные СФ. Конъюнкция подфункций образует СК, а дизъюнкция всевозможных СК образует СДФ.

2. Строится таблица из  $m$  строк (по числу подфункций) и множества столбцов. Столбцы заполняются индексами подфункций, при этом их сумма равна индексу исходной СФ. Варианты совокупностей индексов формируются направленным перебором при фиксации индекса некоторой подфункции и перебором вариантов индексов остальных подфункций.

Проводится минимизация СДФ, для чего столбцы таблицы объединяются. Индексы склеиваются, если в объединении собираются все возможные их значения для некоторой подфункции, что обозначается символом  $X$ ; тогда эта подфункция становится тождественно равной 1. Лучшим является такой результат объединения, при котором количество склеиваний максимально. Перебираются все варианты выбора основной подфункции и путём сравнения находится минимальное значение СДФ. Результат представляется в матричной форме.

3. Матричное представление минимизированной СДФ относительно индексов преобразуется в дизъюнктивную нормальную форму (ДНФ) относительно элементарных СФ. По ДНФ строится ЛС стандартным образом, при этом подфункции рассматриваются как новые переменные, которые должны быть предварительно реализованы в виде отдельных подсхем.

**Пример.** Построим схему порогового устройства, имеющего 9 входов  $x_1..x_9$  и порог, равный 2; в обозначениях для СФ такое устройство имеет вид  $H_9(\geq 2) = H_9(2, 3, \dots, 9)$ . Разобьём 9 входных переменных на 3 подмножества по 3 переменных  $\{x_1, x_2, x_3\}$ ,  $\{x_4, x_5, x_6\}$ ,  $\{x_7, x_8, x_9\}$ ; введем над ними подфункции  $G_1, G_2, G_3$ . В данном случае индекс подфункции может находиться в пределах  $0 \leq a \leq 3$ ; индекс  $b$  ( $2 \leq b \leq 9$ ) исходной СФ определяется суммой индексов подфункций,  $b=a_1+a_2+a_3$ . Организуем упорядоченный (например, в порядке возрастания индексов подфункций) перебор индексов  $a$  подфункций так, чтобы сумма их индексов давала конкретный индекс  $b$  исходной СФ и занесём значения индексов в табл. 1 (приведены 6 начальных и 4 последних из 60 возможных вариантов перебора; остальные варианты легко восстановить).

Далее произведём "склеивание" индексов СФ, которое заключается в следующем. Операцией *склеивания* двух наборов БФ называется исключение в результирующем наборе переменной  $x_i$  из множества существенных переменных, входящих в эти наборы, в соответствии с тождеством:  $y!x_i \vee yx_i = y$ .

В вырожденном случае, когда БФ тождественно равна 1 (на всех наборах функция равна 1), все переменные склеиваются. В случае СФ этой ситуации соответствует наличие всех индексов ( $0 \leq a \leq n$ ); обозначать эту ситуацию мы будем символом  $X$ , так что  $G(X) \equiv 1$ . Например, в табл. 1 последние 4 варианта в результате "склеивания" дадут  $| 3 \ 3 \ X |$ .



**Таблица 1 - Варианты весов подфункций G**

$G_1$	0	0	0	0	0	0	...	3	3	3	3
$G_2$	0	0	1	1	1	2	...	3	3	3	3
$G_3$	2	3	1	2	3	0	...	0	1	2	3

Авторская разработка

Проведём подобные "склеивания" по всей таблице. Первые 2 столбца таблицы образуют множество A индексов подфункций G; они объединяются в строку  $A = |0\ 0\ 2,3|$ . Следующие 3 столбца объединяются в строку  $B = |0\ 1\ 1-3|$ . Следующие 8 столбцов объединяются в строку  $C = |0\ 2,3\ X|$ . Следующие 3 столбца объединяются в строку  $D = |1\ 0\ 1-3|$ . Следующие 12 столбцов объединяются в строку  $E = |1\ 1-3\ X|$ , а последние 32 столбца объединяются в строку  $F = |2,3\ X\ X|$ .

Проведём далее 2-й этап склеивания элементов множеств A..F. Отметим, что множества C и F уже могут быть занесены в результирующие матрицы, в которых строкам соответствуют варианты индексов подфункций G, а столбцам соответствуют наборы индексов для функций  $G_1, G_2, G_3$ . При этом для каждой матрицы значения индексов функции  $G_1$  фиксируется.

Отметим также, что некоторые варианты могут входить в разные множества. Так, множества A, B, C имеют общую часть  $G_1 = 0, G_3 = 2,3$ , а в результирующем множестве  $G_2$  имеются все значения  $a, a \equiv X$ , т.е. в результате получаем строку  $|0\ X\ 2,3|$ . В результате объединения B и C получим множество  $|0\ 1-3\ 1-3|$ , что может быть представлено в виде множеств:  $|1\ !0\ X|$  и  $|1\ X\ !0|$ , поскольку множеству индексов 1-3 соответствует инверсия значения 0, т.е. !0.

Собираем отдельные результаты в компактное матричное представление:

$$H_9(\geq 2) = \left| \begin{matrix} 0 & X & 2,3 \\ 0 & 2,3 & X \\ 0 & \bar{0} & \bar{0} \end{matrix} \right| \vee \left| \begin{matrix} 1 & \bar{0} & X \\ 1 & X & \bar{0} \end{matrix} \right| \vee |2,3\ X\ X|. \tag{4}$$

Здесь запись 2,3 означает, что  $G=1$  при значениях индексов, равных 2 или 3; !0 означает инверсию значения функции G при значении индекса, равного 0, т.е. !G(0); индекс G при этом равен 1, 2, 3. Строки матрицы – это варианты решения, столбцы матрицы – это индексы подфункций  $G_1, G_2, G_3$ . Объединение проведено по столбцам с фиксацией индекса по  $G_1$ .

Матричное представление (4) является минимизированным аналитическим описанием функционирования заданного порогового устройства. Запишем его в дизъюнктивной нормальной форме. Имеем:

$$Y = G_1(0)(G_2(2,3) \vee G_3(2,3)) \vee G_1(0)!G_2(0)!G_3(0) \vee G_1(1)(!G_2(0) \vee !G_3(0)) \vee G_1(2,3) \tag{5}$$

Обозначим ( $i=1..3$ ):

$M_i$  – функции мажоритарность;

$z_i = G_i(1,2,3)$  – функции или.

Учтём, что

$$!G_i(0) = G_i(1,2,3) = z_i;$$

$$G_1(1) = !G_1(0)!G_1(2,3) = z_1!M_1;$$

$y!x \vee x = y \vee x$  – это формула простого поглощения;

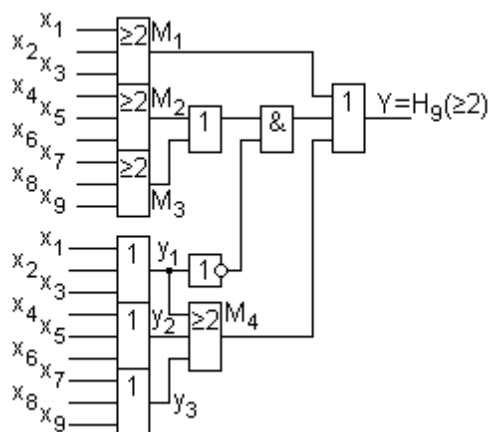


$!z_1z_2z_3 \vee z_1(z_2 \vee z_3) = z_1z_2 \vee z_1z_3 \vee z_2z_3$  – это формула обобщённого поглощения;  
 $z_1z_2 \vee z_1z_3 \vee z_2z_3 = M_4$  – функция мажоритарность.

Тогда (5) примет вид:

$$H_9(\geq 2) = M_1 \vee !z_1(M_2 \vee M_3) \vee M_4 \quad (6)$$

По (6) построена схема в смешанном базисе, включающем в основном функцию мажоритарность (рис. 1).



**Рис. 1 – Функциональная схема для порогового элемента**

*Авторская разработка*

Сравним синтезированную по предложенному методу схему со схемой, построенной по методу [3], в сопоставимом базисе 2И-НЕ по следующим параметрам: количество элементов, глубина схемы и цена по Квайну. Имеем для схемы на рис. 1 соответственно 54, 12, 85, а для схемы из [3] – 59, 13, 104.

Лучшие значения параметров схемы по рис. 1 объясняются тем, что предложенный метод более полно учитывает симметрию входных переменных.

#### **Заключение и выводы.**

В работе предложен метод построения минимальной по сложности ЛС, которая описывается СФ. Метод основан на функциональной разделительной декомпозиции и модифицирован с учётом специфики СФ относительно БФ.

Метод включает в себя 3 этапа: декомпозиция множества переменных исходной СФ; заполнение таблицы индексами подфункций в процессе направленного их перебора, при этом сумма индексов подфункций равна конкретному индексу исходной СФ; минимизация таблицы путём объединения столбцов. Результат представляется матрицами индексов и далее переводится в ДНФ, по которой строится стандартным образом ЛС.

Подробно рассмотрен пример применения данного метода. Показано его преимущество относительно известного метода – снижение на 18% сложности полученной схемы, выраженной в сопоставимом базисе на элементах 2И-НЕ.

#### **Список литературы:**

1. Логическое проектирование БИС/В.А. Мищенко, А.И. Аспидов, В.В. Витер и др.: Под ред. В.А. Мищенко. – М.: Радио и связь, 1984. – 312 с.
2. Паулин О.Н. Основы теории симметрических булевых функций. – Саабрюкен, Германия: LAMBERT Academic Publisher, 2013. – 66 с.



3. Авгуль Л.Б. Декомпозиция симметрических булевых функций и булевых функций с частичной симметрией в базисе монотонных функций / Л.Б. Авгуль, А.С. Петроченко // Кибернетика и системный анализ. – 1998. – № 3. – С. 26–40.

#### Referents

1. Logicheskoe proektirovanie BIS/V.A. Mischenko, A.I. Aspidov, V.V. Viter dr.: Pod red. V.A. Mischenko. – М.: Radio I sv'az', 1984. – 312 s.
2. Paulin O.N. Osnovy teoriiy simmetricheskikh bulevykh funktsiy. – Saabr'uken, Germaniya: : LAMBERT Academic Publisher, 2013. – 66 s.
3. Avgyl' L.B. Dekompozitsiya simmetricheskikh bulevykh funktsiyb I bulevykh funktsiy s chastichnoy simmetrieyi v bazise monotonnykh funktsiy/ L.B. Avgyl', A.S. Petrochenko//Kibernetika i sistemnyy analiz. – 1998. – № 3. – S. 26–40.

**Abstract.** *The paper solves the problem of minimizing logical circuits (LC) described by arbitrary symmetric functions (SF), which are defined by several indices. The index is the number of units in the sets of SF variables.*

*A method for constructing such a LC is proposed, which consists of three stages:*

1. *A functional separation decomposition of the original SF into subfunctions is carried out; they are constructed over subsets of the set of SF variables. Subfunctions are elementary SFs defined by a single index.*
2. *The table is filled with subfunction index values by iterating over them; it is minimized by concatenating certain columns of the table. The minimization result is presented in matrix form.*
3. *The matrix form for indices is translated into disjunctive normal form for subfunctions; LC is built in a mixed logical basis.*

*The steps of the method are detailed in the example; at the same time, the advantage of the author's approach in comparison with the known approach is shown.*

**Keywords:** *minimization, logic circuit, symmetric function, index, method, functional separation decomposition, subfunction, index table, column union, matrix form, disjunctive normal form, logical basis.*

Статья отправлена 18.02.2023 г.





УДК 004.77

## RELEVANCE OF THE TRANSITION OF DISTANCE EDUCATION SYSTEMS OF UNIVERSITIES TO CLOUD PLATFORMS

### АКТУАЛЬНІСТЬ ПЕРЕХОДУ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ УНІВЕРСИТЕТІВ НА ХМАРНІ ПЛАТФОРМИ

Viunenko O.B. / В'юненко О.Б.

Ph.D., as. prof. / к.е.н., доцент

ORCID: 0000-0002-8835-0704

Sumy National Agrarian University, Sumy, 160 Herasym Kondratiev, Sumy, 40021

Сумський національний аграрний університет, Суми, вул. Герасима Кондратьєва, 160, 40021

**Анотація.** У статті поглиблено проаналізовано сучасний стан системи дистанційного електронного навчання університету та обґрунтовано необхідність переходу системи на хмарну платформу для підвищення її ефективності та безпеки. Стаття також підкреслює важливість забезпечення безпеки конфіденційних даних у процесі переходу та містить всебічне обговорення переваг і проблем використання хмарних технологій у системах електронного навчання. Стаття завершується серією рекомендацій щодо подальшого розвитку системи дистанційного електронного навчання університету, включаючи впровадження передових технологій безпеки, розробку комплексної політики та процедур безпеки, а також забезпечення навчання та підтримки студентів і співробітників.

**Ключові слова:** хмарні технології, інформаційна безпека, системи електронного навчання, дистанційна освіта.

#### Вступ.

Дистанційна освіта стає все більш важливою частиною вищої освіти, надаючи студентам доступ до освіти з будь-якого місця та в будь-який час. Університетська система дистанційного електронного навчання є критично важливим компонентом цього процесу, вона дозволяє студентам отримувати доступ до навчальних матеріалів, завдань та інших освітніх ресурсів з будь-якого комп'ютера чи мобільного пристрою. Незважаючи на свою важливість, поточна система дистанційного електронного навчання має кілька обмежень, включаючи ризики безпеки та обмеження з точки зору масштабованості та надійності. У світлі цих викликів сучасні університети повинні розглядати можливість переходу своїх системи дистанційного електронного навчання на хмарні платформи, щоб підвищити їх ефективність і безпеку особливо в умовах воєнного стану.

#### Основний текст.

Використання хмарних технологій у системах електронного навчання надає кілька важливих переваг, зокрема підвищену масштабованість, надійність і безпеку. Масштабованість хмарних платформ дозволяє університетам легко налаштовувати свої системи електронного навчання відповідно до змін кількості студентів, гарантуючи, що студенти завжди матимуть доступ до необхідних ресурсів. Крім того, хмарні платформи забезпечують більш безпечну та надійну інфраструктуру для зберігання та доступу до даних, значно зменшуючи ризики втрати або крадіжки особистих даних.

Одним із головних викликів, пов'язаних із переходом на хмарну платформу, є необхідність забезпечення безпеки конфіденційних даних,



зокрема особистої інформації та освітніх ресурсів. В останні роки кіберзагрози, такі як хакерство, фішинг і зловмисне програмне забезпечення, стають все більш поширеними і небезпечними, тому університети повинні використовувати комплексні підходи до втрощення проблем кібербезпеки для захисту своїх конфіденційних даних. Це включає в себе впровадження передових технологій безпеки, таких як шифрування, брандмауери та системи виявлення вторгнень, а також розробку комплексних політик і процедур безпеки [1, 2, 3, 4].

Ще одним викликом, пов'язаним з переходом на хмарну платформу, є необхідність інтегрувати існуючі університетські системи та процеси з новою платформою. Це вимагає ретельного планування та координації, а також тісної співпраці між IT-відділами, академічними відділами та іншими зацікавленими сторонами. Крім того, університети повинні забезпечувати навчання та підтримку студентів і персоналу, щоб допомогти їм адаптуватися до нової системи та переконатися, що вони здатні ефективно використовувати нову платформу.

Загалом можемо виділити наступні кроки процесу переведення системи дистанційної освіти університету в хмару [5, 6, 7]:

*Крок 1: Оцінка поточної системи:*

Першим кроком у процесі переведення системи дистанційної освіти університету на хмарні обчислення є оцінка поточної системи. Ця оцінка визначить поточну інфраструктуру університету, системи зберігання даних і типи використовуваних програм. Ця інформація буде використана для визначення найкращого підходу для перенесення системи в хмару.

*Крок 2. Вибір постачальника хмарних послуг:*

Наступним кроком буде вибір постачальника хмарних послуг. Вибір постачальника хмарних послуг має базуватися на потребах університету, включаючи безпеку та конфіденційність даних, вартість послуги та рівень пропонованої технічної підтримки. Університет також повинен переконатися, що постачальник хмарних послуг має досвід надання надійних і безпечних послуг.

*Крок 3: Перенесення даних:*

Після вибору постачальника хмарних послуг наступним кроком є перенесення даних із поточної системи до хмари. Цей процес передбачає передачу даних на хмарний сервер і налаштування необхідних протоколів безпеки для захисту даних. Процес міграції даних слід виконувати обережно, оскільки він може стосуватися конфіденційної інформації, а втрата даних може мати серйозні наслідки.

*Крок 4: Тестування:*

Після переміщення даних у хмару наступним кроком є тестування системи. Це передбачає проведення функціональних тестів і перевірок безпеки, щоб переконатися, що система працює належним чином і що дані захищені. Університет також повинен виконувати регулярне резервне копіювання, щоб забезпечити захист даних у екстрених випадках.

*Крок 5: Реалізація:*



Після завершення етапу тестування наступним кроком стане впровадження системи електронного навчання в хмарі. Це передбачає налаштування необхідних систем і додатків, а також навчання персоналу та студентів тому, як користуватися новою системою.

Перенесення системи дистанційної освіти університету в хмару може значно підвищити безпеку системи електронного навчання. Дотримуючись цих етапів оцінки, впровадження та обслуговування, університети можуть бути впевнені, що їхні системи дистанційної освіти безпечні та захищені від потенційних загроз. При належному плануванні та реалізації університет може забезпечити безпечне та надійне середовище електронного навчання для своїх студентів. Варто зазначити, що українськими експертами [8] вже вказано на труднощі під час розгортання та адміністрування хмарних платформ, таких як Google Workspace for Education в університетах. Передусім це стосується «конфліктів» між особистими обліковими записами та корпоративними акаунтами освітнього середовища Google Workspace for Education та налаштування доступу до спільних документів, розташованих у хмарних сервісах.

Процес переведення системи дистанційної освіти університету на хмарні обчислення вимагає ретельного планування та виконання. Дотримуючись кроків, описаних вище, університет може забезпечити досить плавний перехід до хмари, а також істотно покращити безпеку своєї системи електронного навчання. Використання хмарних обчислень у системах дистанційної освіти може надати багато переваг, включаючи покращену масштабованість, економію коштів і підвищену безпеку. За допомогою правильного підходу та правильного постачальника хмарних послуг університет може забезпечити безпечне та захищене середовище навчання для своїх студентів [9, 10].

Одним із головних міркувань під час переходу на хмарні обчислення є безпека даних. Щоб переконатися, що конфіденційна інформація залишається конфіденційною та захищеною, університет повинен прийняти надійні заходи безпеки, такі як шифрування та багатофакторна автентифікація. Шифрування допомагає захистити конфіденційну інформацію в хмарі, перетворюючи її на нечитабельний формат, тоді як багатофакторна автентифікація додає додатковий рівень безпеки, вимагаючи від користувачів надавати кілька форм ідентифікації для доступу до своїх облікових записів. Також важливим аспектом є вибір надійного постачальника хмарних послуг. Постачальник повинен відповідати галузевим стандартам і мати досвід надання безпечних і надійних хмарних послуг. Постачальник також повинен мати належні сертифікати безпеки, такі як ISO/IEC 27001. ISO/IEC 27001 є провідним міжнародним стандартом для впровадження цілісної системи управління інформаційною безпекою. Він зосереджений на ідентифікації, оцінці та управлінні ризиками для процесів обробки інформації. З EN ISO/IEC 27001:2017-06 була опублікована версія, координувана Європейським комітетом стандартизації (CEN), яка містить виправлення (корригенди) Cor1:2014 і Cor2:2015. їх вимог, при цьому сертифікати до версії ISO/IEC 27001:2013 зберігають свою дію.



Окрім безпеки, університет також повинен враховувати вартість і масштабованість хмарної платформи. Університет повинен вибрати платформу, яка надає економічно ефективні рішення для управління та зберігання великих обсягів даних і може масштабуватися відповідно до потреб зростаючої кількості студентів дистанційної освіти. Крім того, університет також повинен перекопатися, що платформа має необхідну інфраструктуру та ресурси для підтримки вимог онлайн-навчання. Це включає забезпечення платформи високошвидкісними мережами, надійними системами зберігання та новітніми технологіями для забезпечення безперебійної доставки онлайн-курсів і ресурсів [11-14].

Наступним кроком у процесі переходу системи дистанційної освіти університету на хмарні обчислення є проведення ретельної оцінки ризиків. Це включає виявлення та оцінку потенційних ризиків, таких як втрата даних, порушення безпеки та простої. Оцінка ризику повинна враховувати критичність інформації університету, чутливість даних і вплив потенційного порушення безпеки. Після визначення та оцінки ризиків університет може визначити найбільш відповідні стратегії їх компенсації, щоб зменшити ймовірність порушення або мінімізувати шкоду, якщо порушення станеться.

Після завершення оцінки ризиків університет може розпочати процес вибору постачальника хмарних послуг. Вибір постачальника хмарних послуг має ґрунтуватися на потребах і вимогах університету, а також на заходах безпеки, політиці конфіденційності та стандартах захисту даних постачальника. Постачальник також повинен бути в змозі продемонструвати свою здатність дотримуватися відповідних норм захисту даних і забезпечити надійні заходи безпеки для захисту інформації університету.

Після вибору постачальника хмарних послуг університет може почати процес перенесення своєї системи дистанційної освіти в хмару. Цей процес слід ретельно спланувати та виконати, щоб мінімізувати ризик втрати даних або порушення безпеки. Перехід слід здійснювати поетапно, з пілотним етапом, який виконується для перевірки процесу та виявлення будь-яких потенційних проблем.

Після завершення міграції університет повинен створити комплексну систему управління та моніторингу для забезпечення безперервної безпеки та продуктивності хмарної системи дистанційної освіти. Це має включати регулярні перевірки безпеки, оцінки вразливостей і перевірки захисту даних, щоб гарантувати, що система залишається безпечною та відповідає нормам захисту даних.

Щоб забезпечити успішне впровадження хмарної системи дистанційного навчання університету, вкрай важливо мати детальний план впровадження. Цей план має окреслювати кроки, пов'язані з розгортанням, включаючи порядок розгортання, часові рамки розгортання та ресурси, необхідні для розгортання. Процес впровадження також передбачає навчання персоналу та студентів використанню нової інфраструктури хмарних обчислень. Це важливий крок, оскільки він гарантує, що співробітники та студенти зможуть ефективно та результативно використовувати нову систему. Навчання має охоплювати всі



аспекти нової системи, включно з тим, як користуватися новими програмами, як отримати доступ і використовувати дані, а також як усунути будь-які проблеми, які можуть виникнути. Однак важливо дотримуватися структурованого та добре спланованого процесу, щоб забезпечити успішний результат. Завдяки правильному плануванню, координації та впровадженню університет може успішно перевести свою систему дистанційної освіти в хмару та користуватися багатьма перевагами, які з цим пов'язані.

В Сумському національному аграрному університеті (СНАУ) іде впровадження проекту E-SNAU і E-SNAU: мобільний додаток. Основною метою проекту є створення позитивного іміджу університету, а також розвиток існуючих інформаційних систем, які забезпечують своєчасну інформацію про роботу університету та послуг, що надаються в ньому. На етапі розробки проекту було визначено наступний перелік задач: 1. Створення єдиного інформаційного веб-порталу для студентів, який має забезпечити їх взаємодію з навчальним закладом та підвищити рівень доступності інформації. 2. Організація збору всіх необхідних документів для студентів - студентський квиток, читацьких квиток, доступ до бібліотечних фондів і системи дистанційного навчання Moodle. 3. Перенос системи Moodle на хмарну платформу. 4. Автоматизація реєстрації студентів на порталі дистанційного навчання Moodle. 5. Покращення взаємодії студентів з усіма підрозділами університету. 6. Підвищення продуктивності праці за рахунок зменшення кількості місць введення інформації на різних етапах фінансової та навчальної діяльності. 7. Автоматизація отримання даних про студентів різними підрозділами за рахунок єдиної бази даних, що синхронізується з EDBO. 8. Надання доступу до інформації про активність студентів. 9. Надання доступу до інформації про фінансові розрахунки студента. 10. Надання доступу до наказів по студентам. 11. Взаємодія з деканатами. 12. Надання доступу до інформації про дозвілля - спортивні секції, творчі колективи та інше.

### **Висновки.**

Переведення системи дистанційної освіти університету на хмарні обчислення потребує стратегічного та добре продуманого плану. Університет повинен враховувати безпеку, вартість, масштабованість та інфраструктуру хмарної платформи, щоб забезпечити плавний і безпечний перехід. За умови належного планування та впровадження університет може покращити безпеку своєї системи електронного навчання та надати студентам якісний та ефективний досвід від навчання. Щоб вирішити зазначені проблеми, рекомендуються до розгляду наступні пропозиції:

1. Впровадження передових технологій безпеки, таких як шифрування, брандмауери та системи виявлення вторгнень, для захисту конфіденційних даних від кіберзагроз.
2. Розробка комплексної політики безпеки та процедур для забезпечення безпеки конфіденційних даних і просування передового досвіду кібербезпеки.
3. Інтеграція існуючих систем і процесів із хмарною платформою для забезпечення сумісності та ефективності, а також мінімізації збоїв для



студентів і персоналу.

4. Забезпечення навчання та підтримки студентів і персоналу, щоб допомогти їм адаптуватися до нової системи та переконатися, що вони здатні ефективно використовувати нову платформу.
5. Регулярний моніторинг та оцінка системи для визначення областей для вдосконалення та забезпечення її постійної ефективності та безпеки

Хоча використання хмарних технологій надає багато переваг, зокрема підвищену масштабованість, надійність і безпеку, однак процес переходу не позбавлений проблем, зокрема потреби у безперервному покращенні кібербезпеки та необхідності інтеграції існуючих систем і процесів.

### Література:

1. Kim, D., & Lee, J. (2015). A study on cloud computing adoption in universities. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 6(1), 1-17.
2. Lee, J. (2013). A study on the security of cloud computing in educational institutions. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 1-16.
3. Park, H., & Kim, J. (2014). A study on the security of cloud computing in distance education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 5(2), 1-17.
4. Potapchuk, Olha & Lutsyk, Iryna & Hevko, Ihor & Buyak, Bogdan. (2022). Implementation of the concept of a smart university in terms of distance education. *Information Technologies and Learning Tools*. 92. 140-153. 10.33407/itlt.v92i6.5009.
5. J. Qiu, Y. Zhang, and Y. Xiong, "Cloud Computing in Education: A Review of the Literature," in *Proceedings of the 2016 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery*, 2016, pp. 1–7.
6. R. S. Bagga, S. P. Singh, and K. K. Aggarwal, "Security Issues and Challenges in Cloud Computing," in *Proceedings of the 2016 International Conference on Computing, Communication and Automation*, 2016, pp. 965–971.
7. S. A. R. Alqahtani, "Enhancing Security in Cloud Computing: A Review of Approaches," in *Proceedings of the 2016 International Conference on Cloud Computing and Big Data Analysis*, 2016, pp. 325–332.
8. Розгортання та використання єдиної цифрової хмаро орієнтованої системи управління навчанням магістрів і PhD у галузях освіти/педагогіки, соціальних та поведінкових наук: методичні рекомендації [Електронне видання] / Антощук С. В., Гущина Н. І., Касьян С. П., Кондратова Л. Г., Олійник В. В., Олексюк В. П., Пінчук Н. І., Спірін О. М.; за заг. ред. О. М. Спіріна; НАПН України; Ун-т менедж. освіти. Київ, 2022. 80 с.
9. E. Agarwal and R. K. Singh, "Security Issues in E-Learning Systems," *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, vol. 2, no. 9, 2013, pp. 5451-5454.
10. M. V. R. Balaji and R. Prabu, "A Study on Cloud Computing in E-Learning System," *International Journal of Advanced Research in Computer Science*



and Software Engineering, vol. 2, no. 12, 2012, pp. 1-5.

11. О. Глазунова та О. Якобчик, “Проектування архітектури хмароорієнтованого інформаційно-освітнього середовища для підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій”, Інформаційні технології і засоби навчання, № 44(6), с. 141–156, 2014. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v44i6.1133>

12. O. Spirin, T. Vakaliuk, V. Ievdokymov, and S. Sydorenko, “Criteria for selecting a cloud-based learning management system for a higher education institution”, Information Technologies and Learning Tools, vol. 89, no. 3, pp. 105–120, Jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v89i3.4958>

13. B. Charlene, “Cloud security: how to protect critical data and stay productive”, Network Security, no. 9, 2019. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1353-4858\(19\)30110-2](https://doi.org/10.1016/S1353-4858(19)30110-2)

14. S. Noria, H. Saeed, “A systematic review of cloud computing tools for collaborative learning: Opportunities and challenges to the blended-learning environment”, Computers & Education, vol. 124, pp. 77-91, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.016>

**Abstract.** *The article provides an in-depth analysis of the current state of the university's distance e-learning system and substantiates the need to migrate the system to a cloud platform to improve its efficiency and security. The article also emphasizes the importance of ensuring the security of confidential data during the transition process and provides a comprehensive discussion of the benefits and challenges of using cloud technologies in e-learning systems. The article concludes with a series of recommendations for the further development of the university's E-learning system, including the implementation of advanced security technologies, the development of comprehensive security policies and procedures, and the provision of training and support for students and staff.*

**Key words:** *cloud technologies, information security, electronic learning systems, distance education.*

Стаття відправлена: 19.02.2023 р.

© В'юненко О.Б.



УДК 004.021

**METHOD AND ALGORITHM FOR FORMATION AND FILLING OF THE FUNCTIONING TABLE OF A MULTY-BIT MULTY-OPERAND ADDER****МЕТОД И АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ И ЗАПОЛНЕНИЯ ТАБЛИЦЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МНОГОРАЗРЯДНОГО МНОГООПЕРАНДНОГО СУММАТОРА****Paulin O.N./Паулин О.Н.***d.t.s., as. prof/d.m.n., доц.*

ORCID: 0000-0002-2210-8317

**Nikitchenko M.I./Никитченко М.И.***PhD student/аспирант**National University «Odessa Politechnica», Odessa, Shevchenko av., 1, 65044**Национальный университет «Одесская политехника», Одесса, просп. Шевченко, 1, 65044*

**Аннотация.** В статье предлагаются метод и алгоритм формирования и заполнения таблицы функционирования (ТФ) многоразрядного многооперандного сумматора (ММС).

ММС – инструмент обработки больших потоков данных на основе операции свёртки многорядных арифметических двоичных кодов (МРК), которая является обобщением операции сложения. ММС – устройство сложения множества бит  $n$  операндов, которые образуют область бит (ОБ), в общем случае произвольную. Разрядным срезом (РС) ОБ называется множество  $t$  его бит, расположенных на вертикальной линии, обозначающей данный разряд. РС – это конкретный набор значений переменных функции. Эффективная обработка многих рядов кодов возможна только с использованием СФ благодаря тому, что индекс СФ (её аргумент) является инвариантом для множества наборов значений переменных. Индекс – это число  $a$ , равное количеству единиц в наборах значений  $n$  переменных СФ, при которых она принимает значение 1. Это означает, что неважно расположение единичных бит в наборах (в РС), а важно количество единиц  $a$  в наборе; важно также выполнение условия: количество таких наборов равно числу сочетаний из  $n$  по  $a$ .

Таблица функционирования ММС (ТФ) – это особая таблица, которая заполняется значениями индексов СФ. ТФ – совокупность поразрядных подтаблиц, число которых равно сумме  $n$  разрядов сумматора и  $k$  разрядов переноса. Для формирования заголовка ТФ и самой таблицы, а также её заполнения используется редактор таблиц Excel.

Разрабатываются метод и алгоритм формирования ТФ. В их основе лежат разрядные счётчики; они вычисляют  $a$  такое, что СФ суммы  $S(a)$  и переноса  $P(a)$  равны 1. Особенность функционирования счётчика – должно выдерживаться соотношение  $a \leq t$ , где  $t$  – максимально возможное значение единичных бит в данном РС.

Рассматривается схемотехническая реализация описания нетрадиционного сумматора.

**Ключевые слова:** метод, алгоритм, таблица функционирования, многоразрядный многооперандный сумматор, операция свёртки, область бит, разрядный срез, симметрическая функция, индекс, инвариант, набор значений переменных, разрядный счётчик, схемотехническая реализация.

**Вступление.**

Описание функционирования и построения цифровых устройств (ЦУ) за время их существования претерпело значительные изменения в части представления данных.

Известные уровни представления данных можно показать в виде последовательного обобщения формы представления описания ЦУ: **биты**





(двоичные данные) – **наборы бит** (в таблице истинности) – **десятичные эквиваленты наборов** (ДЭН – десятичное число для одного набора) – **троичная матрица** с расширенным набором элементов: 0, 1, –.

Эти представления обладают общим недостатком – малая наглядность и громоздкость. Так, таблица истинности при числе переменных более шести становится трудно обозримой.

Отсюда вытекает важность и актуальность разработки нового подхода к описанию сумматоров, умножителей, построенных на их основе, и других устройств, которые используют суммирование двоичных данных, например, при кодировании и декодировании. Во всех этих случаях нужны таблицы нового типа, позволяющие повысить уровень обобщения данных.

**Цель работы** – повышение уровня обобщения описания ЦУ на примере нестандартных сумматоров за счёт таблиц функционирования.

Для достижения этой цели решаются следующие **задачи**:

- выбор подходящего аппарата для описания нестандартных сумматоров;
- представление описания в виде таблицы функционирования (ТФ);
- разработка метода заполнения ТФ;
- разработка алгоритма, реализующего разработанный метод.

**Основная часть.**

**Симметрические функции.**

Следующим шагом относительно известных приёмов обобщения представления данных является переход к *числовому представлению* множества наборов переменных, обладающих свойством инварианта. Таким свойством обладают симметрические функции (СФ). Суть предложенного автором подхода состоит в использовании алгебры СФ [1] при описании функционирования многоразрядных многооперандных сумматоров (ММС).

СФ – это подкласс булевых функций (БФ) с тем отличием, что аргумент СФ – это число  $a$  единиц в наборе из  $n$  переменных, при которых функция принимает значение 1. Этот аргумент называется индексом; число  $a$  – *инвариант* для совокупности  $C_n^a$  наборов переменных.

В теории СФ используется то важнейшее их преимущество по сравнению с БФ, что логические операции над СФ сводятся к соответствующим операциям над множествами их индексов. Наличие симметрии в сложных функциях позволяет компактно их представить своими индексами.

**Многоразрядные многооперандные сумматоры.**

ММС – инструмент для обработки больших потоков данных, которая заключается в *свёртке* многорядных арифметических двоичных кодов (МРК) как обобщения операции сложения. Свёртка МРК приводит к однорядному коду результата. ММС – устройство сложения множества бит определённого числа операндов. Это множество бит образует *область бит* (ОБ), в общем случае произвольную. Такая ситуация поддаётся свёртке только при использовании СФ благодаря тому, что индекс СФ является инвариантом для множества наборов. Это означает, что неважно расположение единичных бит в наборах, а важно количество единиц в наборе. *Разрядным срезом* (РС) называется вертикальное сечение ОБ; при этом нас интересуют значения тех



бит, которые попали в это сечение. Количество  $a$  единичных бит используется в качестве индексов СФ;  $a$  может принимать значения в пределах  $0..m$ , где  $m$  – количество бит в данном РС.

**Пример.** Рассмотрим двоичный одноразрядный полный сумматор (рис. 1), на вход которого поступают значения слагаемых  $a$  и  $b$ , а также входного переноса  $c$ ; на выходе сумматора формируются значения суммы  $S$  и выходного переноса  $P$ . Функционирование данного сумматора описывается табл. 1, которая представляет собой таблицу истинности (ТИ).

Из табл. 1 видно, что имеется симметрия входных переменных  $a, b, c$  сумматора, что определяется их "равноправием" относительно реакции сумматора: действительно, при любой перестановке переменных значения функций  $S$  и  $P$  не изменяются. Симметрия входных переменных позволяет использовать СФ в описании сумматора в виде таблицы его функционирования (табл. 2;  $e$  – индекс СФ).

**Таблица 1 -**

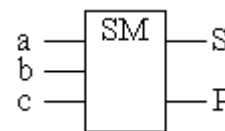
**Таблица истинности**

$A$	$b$	$c$	$P$	$S$
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

**Таблица 2 -**

**Описание сумматора**

$e$	$P$	$S$
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1



**Рисунок 1 – Одноразрядный полный сумматор**

Авторская разработка

Из табл. 2 следует, что сумма  $S = H_3(1, 3)$ , а перенос  $P = H_3(2, 3)$ . Легко видеть, что сумма – это функция *нечётность* трёх переменных, а перенос – функция *мажоритарность* трёх переменных с порогом 2.

Таким образом, описание сумматора (табл. 2) приняло компактный вид.

Будем оценивать *компактность* таблицы её количеством строк. Тогда повышение компактности при переходе от ТИ к ТФ, содержащей индексы СФ, будет определяться выражением  $\gamma=2^n/(n+1)$ . В данном примере  $\gamma=2$ .

С увеличением  $n$  растёт  $\gamma$ , причём растёт значительно быстрее, чем  $n$ .

**Таблица функционирования (ТФ) устройства.**

В качестве устройства ниже рассматривается нестандартный сумматор – ММС. Таблица функционирования (ТФ) сумматора – это таблица, в которой в особой форме представлены числа, характеризующие его функционирование.

ТФ – это объединение  $n + k$  поразрядных отдельных таблиц (подтаблиц), где  $n$  – разрядность сумматора,  $k$  – разрядность переноса. Подтаблица – это множество строк, значения элементов которых таковы, что все поразрядные СФ равны 1. Ясно, что равна 1 их конъюнкция, т.е. симметрический комплект (СК) для строки. Полное описание подтаблицы – это дизъюнкция СК всех строк.



ТФ могут использоваться не только для описания функционирования устройства, но и в качестве исходных данных для схмотехнического проектирования устройства.

Для построения ТФ используется редактор таблиц Excel. При этом решаются 2 проблемы: создание динамической таблицы (неизвестно, сколько строк будет в конечном варианте ТФ) и формирование сложного заголовка.

Отметим достоинства ТФ: компактность, наглядность, естественность, удобство использования.

### **Метод и алгоритм построения и заполнения ТФ.**

Предложенный нами метод построения ТФ сумматора состоит в следующем:

- 1) разработка таблицы особой формы – формирование заголовка таблицы, в котором перечисляются выходные функции сумматора и его разряды;
- 2) представление выходных функций сумматора в виде СФ;
- 3) заполнение таблицы по предложенному алгоритму такими числами (индексами СФ), что их совокупность даёт 1 на соответствующем выходе сумматора, описанного СФ.

Отметим, что построение описания для суммы и переноса одинаково с тем отличием, что для суммы  $i$ -го разряда нужна информация об индексах  $i$  разрядов, а для переноса – всех  $n$  разрядов.

### **Алгоритм заполнения ТФ.**

Алгоритм включает в себя 3 этапа: подготовительный, основной и заключительный; последний выполняется дважды.

### **Структуры данных**

$T_i$  –  $i$ -я подтаблица ТФ;

$n, k$  – разрядности суммы и переноса соответственно;

$i, j, l$  – параметры циклов перебора подтаблиц, разрядов и позиций вектора состояний счётчиков;

$a$  – текущее значение разрядного счётчика, это же – разрядный индекс СФ;

$m$  – максимальное значение количества бит в РС операндов сумматора;

$V_p$  – вектор поразрядного распределения  $m$  бит операндов сумматора;

$V_t, V'_t$  – текущие (данный и предыдущие) вектора подтаблицы, элементы которого – разрядные индексы  $a$  СФ; это же - строки подтаблицы;

$V_c$  – двоичный вектор состояния разрядных счётчиков; при максимальном значении счётчика  $l$ -го разряда этот вектор устанавливается в 1 ( $V_c[l]=1$ ).

### **Подготовительный этап**

- ввод с клавиатуры по запросу программы  $n$  элементов вектора  $V_p$ ;
- вычисление суммы максимальных операндов  $Q_m$  по значениям элементов вектора  $V_p$ , перевод  $Q_m$  в двоичное представление и определение количества  $k$  переносов;
- формирование заголовка ТФ в редакторе таблиц Excel.

### **Основной этап.**

#### **1. Перебор подтаблиц.**

1.1. Обнуление всех  $n+k$  разрядных счётчиков.

1.2. Цикл по  $i$  ( $i=1..n+k$ ).



## 2. Заполнение подтаблицы $T_i$ .

2.1. Вызов подтаблицы  $T_i$  из Excel.

2.2. При заполнении подтаблицы  $T_i$  для суммы  $i$ -го разряда используются данные от 1-го разряда по  $i$ -й, а для переноса – данные всех  $n$  разрядов.

2.2. Цикл по  $a$  (инкремент  $a$ ; проверка:  $a \leq m$ ? В случае ДА продолжаем заполнение подтаблицы, иначе переход на конец цикла по  $a$ ).

2.3. Присвоение значения  $a$   $j$ -му элементу текущего вектора ( $V_T[j] := a$ )/

2.4. Вычисление суммы  $Q_{10}$  элементов текущего вектора, которая затем переводится в двоичное представление  $Q_2$ .

2.5. Если  $Q_2[i]$  равно 1, то вектор  $V_T$  записывается в ТФ; инкремент  $N$ ;  $N$  заносится в подтаблицу.

2.6. Конец цикла по  $a$ .

2.7. Проверка заполненности всех счётчиков по вектору  $V_c$ . В случае НЕТ продолжается цикл по  $j$  иначе конец цикла по  $j$ .

## 3. Обнуление счётчиков.

3.1.  $l := 1$ ; цикл: пока  $V_c[l] := 1$ , выполнять  $\{a := 0; V_c[l] := 0; l := l + 1; \}$ .

3.2.  $j := 1$ ; переход на п. 2.2 (запускаем счётчик 1-го разряда).

Конец цикла по  $j$

## Заключительный этап (объединение строк)

- Перебор подтаблиц в цикле по  $i$  ( $i=1..n+k$ ).

- Формирование пар текущих векторов  $V_T$  и  $V'_T$ : начальное значение  $N=1$ ; цикл по  $N$ : инкремент  $N$ ; для каждого  $N$  ставим в пару по очереди все предыдущие строки, начиная с 1-й.

- Сравниваем поразрядно (цикл по  $j, j \leq i$ ?) значения векторов  $V_T$  и  $V'_T$ . Если имеется отличие только в одном разряде (счётчик несовпадений, проверка  $S_{н/с} = 1$ ?), то значения в этом разряде объединяются по Правилам:

- при объединении нескольких значений они записываются через запятую;
- в случае наличия всех возможных значений  $a$  записывается  $X$ .

- При объединении результат приписывается младшей по номеру строке, данная строка удаляется, а все последующие номера уменьшаются на 1.

Конец заключительного этапа.

Конец алгоритма.

3.3. Если  $a = m$ , то вектору состояния счетчика присваивается 1 ( $V_c[j] := 1$ ).

## 4. Обнуление счётчиков.

4.1.  $l := 1$ ; организуем цикл по условию: (если  $V_c[l] := 1$  то  $a := 0$ ;  $V_c[l] := 0$ ).

4.2.  $j := l + 1$ ; переход на п. 2.2.

5. Проверка заполнения подтаблицы:  $j \leq i$ ? Если ДА, то процесс заполнения подтаблицы продолжается, иначе переход на п. 2.2.

//Для этого надо в цикле по  $l, l = 1..i$  проверить, все ли подряд  $a$  равны  $m$ ?

## 6. Конец.

## Схемотехническая реализация на основе ТФ.

Ниже приведена ТФ для двухразрядного трёхоперандного сумматора



(табл. 3), описываемого вектором распределения  $V_p = [3 \ 3]$ . Она построена программой, в основе которой лежит предложенный алгоритм.

**Таблица 3 – Описание двухразрядного трёхоперандного сумматора**

N п\п	$S_4=P_2$		$S_3=P_1$		$S_2$		$S_1$
	2p	1p	2p	1p	2p	1p	1p
1	3	2,3	1	2,3	1,3	0,1	1,3
2			2	X	0,2	2,3	
3			3	0,1			

Авторская разработка

ТФ – это совокупность подтаблиц со своими строками, в ячейках которых размещены значения индексов СФ определённого разряда. Так, в 1-й строке подтаблицы 2 ( $S_2$ ) для 1-го разряда записаны индексы 0,1. Эту запись надо понимать следующим образом: это индексы некоторой СФ, которая равна 1 при этих значениях индексов. Для полного описания 2-й строки надо учесть СФ и для 2-го разряда, причём строка описывается конъюнкцией поразрядных СФ. Тогда 1-я строка может быть записана как  $R_1 = H_3^2(1,3) \wedge H_3^1(0,1)$ ; здесь верхние индексы в обозначениях СФ – это номера разрядов, а нижние индексы – это количество переменных данной СФ. Для полного описания функции суммы 2-го разряда надо аналогично представить все строки подтаблицы и объединить их дизъюнкцией:  $S_2 = R_1 \vee R_2 = H_3^2(1,3) \wedge H_3^1(0,1) \vee H_3^2(0,2) \wedge H_3^1(2,3)$ . Это и есть описание функции суммы 2-го разряда.

В свою очередь, СФ можно представить в ДНФ относительно своих переменных  $x_1, x_2, x_3$ . Так, СФ, которая определяется индексами 2,3, можно представить в ДНФ в виде  $H_3(2,3) = !x_1x_2x_3 \vee x_1!x_2x_3 \vee x_1x_2!x_3 = x_1x_2 \vee x_1x_3 \vee x_2x_3$ .

Итак, логическая схема, построенная по данным ТФ, реализуется двумя ярусами: на первом ярусе формируются СФ по своим переменным, а на 2-м ярусе СФ объединяются в ДНФ в соответствии со структурой ТФ.

**Заключение.** Предложенное в работе понятие *таблица функционирования* (ТФ) основано на следующих идеях и терминах, связанных с понятием *многоразрядный многооперандный сумматор* (ММС) и его наполнением. Это, прежде всего, понятие *свёртка* МРК как обобщение операции сложения. Далее идут понятия *симметрическая функция* (СФ), как подкласс класса булевых функций, и её *индексы* (аргументы), которые указывают на то количество единичных бит операндов, при которых СФ принимает значение 1.

Отметим, что представление информации в ТФ в виде индексов СФ является самым высоким на текущий момент уровнем обобщения данных.

Следующим является понятие *область бит* (ОБ), объединяющая все биты операндов описываемого сумматора; ОБ может быть принципиально произвольной; описание такой ситуации эффективно только при использовании СФ. *Разрядным срезом* называется совокупность бит в вертикальном сечении ОБ по данному разряду. Обычно ОБ разбивают на *фрагменты*; в практике удобнее использовать *регулярные фрагменты*: прямоугольники, треугольники, параллелограммы (ромбы). ОБ описывается *распределением бит по разрядным*



срезам. Такое распределение является необходимым и достаточным в качестве исходных данных для описания таблицей функционирования ММС.

ТФ может использоваться для дальнейшего перехода к ДНФ и её схемотехнической реализации.

Преимуществом нашего подхода являются естественность, компактность и наглядность представления описания функционирования ММС в виде ТФ.

Программа, реализующая данный алгоритм и библиотека заготовленных выражений для СФ могут существенно сократить время проектирования нестандартных сумматоров.

### Литература.

1. Паулин О.Н. Основы теории симметрических булевых функций. – Саарбрюкен/Германия: Lambert Academic Publishing, 2013. – 66 с.

2. Паулин О.Н. О параллельной обработке потока данных, адаптированной к области бит произвольной конфигурации / О.Н. Паулин // Искусственный интеллект. – № 3. – 2010. – Донецьк: ІПШ, "Наука і освіта", 2010. – С. 127-133.

### References

1. Paulin O.N. Osnovy teoriiy simmetricheskikh bulevykh funkciy. – Saarbrücken/ Germany: Lambert Academic Publishing, 2013. – 66 s.

2. Paulin O.N. O paralelnoy obrabotke potoka dannyh, adaptirovannoy k oblasti bit proizvolnoy konfiguraciyi/ O.N. Paulin// Iskusstvennyy intellect. – № 3. – 2010. – Donetsk: ІПШ, "Наука і освіта", 2010. – S. 127-133.

**Abstract:** The article proposes a method and algorithm for formation and filling the functioning table (FT) of a multi-bit multi-operand adder (MMA). The MMA is a tool for processing large data streams based on the convolution operation of multi-bit binary arithmetic codes (MC), which is a generalization of the addition operation. The MMA is a device for adding multiple  $n$ -bit operands that form a bit field (BF), which is generally arbitrary. A slice of the BF consisting of  $m$  bits located on a vertical line representing a particular bit is called a bit slice (BS). A BS is a specific set of variable function values. Effective processing of many rows of codes is only possible using SF because the index of SF (its argument) is an invariant for the set of variable value sets. The index is a number  $a$  equal to the number of ones in the sets of values of  $n$  variables of SF when it takes the value 1. This means that the location of the ones in the sets (in BS) does not matter, but the number of ones  $a$  in the set is important; it is also important to satisfy the condition: the number of such sets is equal to the number of combinations of  $n$  by  $a$ .

The function table of the MMA (FT) is a special table that is filled with the values of SF indices. The FT is a set of bit-by-bit sub-tables, the number of which is equal to the sum of  $n$  adder bits and  $k$  carry bits. To create the header and the table itself, as well as to fill it, an Excel table editor is used.

A method and algorithm for forming the FT are developed. They are based on bit counters; they calculate  $a$  such that the SF of the sum  $S(a)$  and carry  $C(a)$  are equal to 1. The feature of the counter operation is that the relationship  $a \leq m$  must be maintained, where  $m$  is the maximum possible value of ones in the given BS.

A schematic implementation of the description of a non-traditional adder is considered.

**Keywords:** method, algorithm, function table, multi-bit multi-operand adder, convolution operation, bit field, bit slice, symmetric function, index, invariant, variable value set, bit counter, schematic implementation.

Отправлено 24.02.23



UDC 004.2

## USING NEURAL NETWORKS IN THE PROCESS OF IMAGE COMPRESSION

**Breus B.V.**

Postgraduate student

**Mohylnyi O.A.**

Postgraduate student

Cherkasy state technological university, Cherkasy, bul. Shevchenka, 460,18000

**Abstract.** The main attribute of neural networks is determining relationships among different parameters of information, which allows providing it more densely through the detection and rejection of unnecessary information (lossless compression) or through rejection of a part of the information that is less important and which loss we will barely notice (lossy compression). The neural network of data compression consists of developing and training a neural network to receive a layer with less number of neurons than in an input one. The received layer should allow restoring the input (lossless compression) or something close to it (lossy compression). As a result of the compression, the image size is reduced. It reduces the time of image transmission via the network and saves data storage space. In this article, we will consider data compression algorithms that are used in a widespread TIFF file format.

**Key words:** visual information, neural networks, image compression, neural network training, algorithm

### Introduction

During all time of the existence of digital technologies the task of compact data transmission through information channels was, is and most likely will be relevant.

A distinct example of such information is visual information which static images can be attributed to. With the development of digital data, processing requirements for image size, compression speed and quality of its transmission through channels of communication have increased but all existing algorithms to date can not satisfy such requirements. That is why it is necessary to search for new methods of compression which perform intellectual data analysis and which are more effective in certain compression characteristics. Under such circumstances, the neural network approach to data compression looks promising.

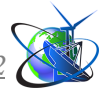
Today significant scientific and practical interest in computational structures of a new type — artificial neural networks — is indisputable.

It is caused by a number of successful applications of this new technology which allowed to develop effective approaches to solving problems that were thought to be complicated for implementation at traditional computers.

A significant contribution to the study of the properties of neural networks was made by such scientists as V.A. Duke [1], I.D. Mandel [4], A.A. Starikov[5], N.G. Erushkina [7].

There is a certain field of action for the use of neural networks in the problem of image compression regarding the specifics and effectiveness of the such method.

The main advantage of neural networks in the problem of image compression is a high processing speed made possible by a parallel implementation. That is why software development for image compression based on a neural network is quite relevant.



The main property of neural networks is to determine the relationships between various parameters of information, which allows us to present it more compactly, by identifying and rejecting redundant information (lossless compression), or discarding that part of information that is not important and we hardly notice its loss (compression with losses).

Therefore there is a need for researching artificial neural networks as a tool for image compression. In this study information technology for image, compression will be proposed and implemented.

### **Main text**

When compressing graphic information, different techniques are used to reduce the number of bytes needed to represent an image. Of course, a lot depends on the compression method and the content of the graphic file (some files are compressed much better than others), but the case is quite ordinary when a large graphic file is compressed five times or more. There are methods that compress even more, but with a loss of properties - when restoring the image, information is lost. As a result, the unpacked picture may become slightly blurred and discolored. Lossy methods give higher compression ratios, but do not allow to reproduce the original image with pixel accuracy. The human eye does not perceive all subtle color shades in an ordinary raster image. Thus, some details can be omitted without visible violation of the informational content of the picture.

Neural network data compression consists in designing and training a neural network in such a way as to obtain a layer with fewer neurons than in the input, such that it is possible to restore the input signal (lossless compression) or close to it (lossy compression).

As a result of compression, the size of the image is reduced, which reduces the time of image transmission over the network and saves storage space.

The whole purpose of training a neural network is to minimize costs. Neural networks do this using a process called back propagation. It seems like a complicated word, but it's quite simple. As I mentioned, forward propagation is when you run information through a neural network to get a result. Backward distribution is literally the same, but backward. You simply start from the original layer and run the neural network backwards to optimize the weights and biases.

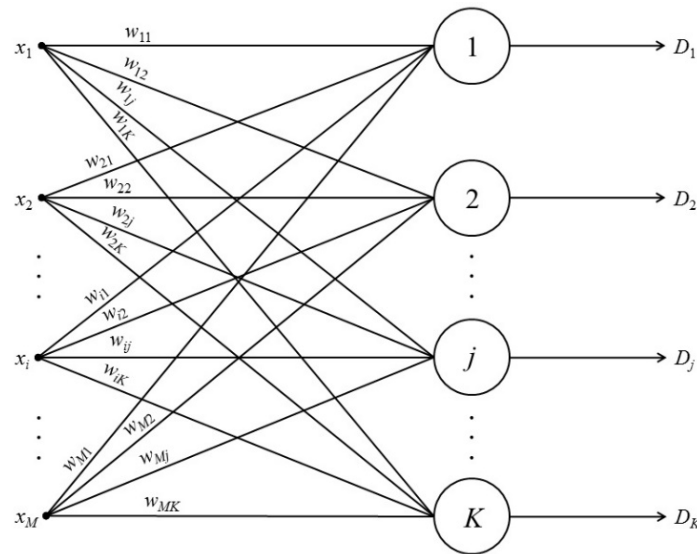
A type of artificial neural networks that can be used to compress data and images is Kohonen neural networks (Fig. 1).

It is shown in [6] that such networks can give better results than networks with inverse error propagation during compression. Kohonen networks are one of the main types of self-organizing neural networks. The ability to self-organize provides new opportunities - adaptation to previously unknown input data. It seems that this is the most natural way of learning, which is used in our brain, where there are no specific patterns. These regularities are formed in the process of training combined with normal work. Kohonen networks are synonymous with a whole group of networks that use the method of self-organization, the competitive method of training. We set signals at the inputs of the network, and then select the winning neuron that best matches the input vector. The exact pattern of competition and later modifications of synaptic wages can take different forms. There are many subtypes based on



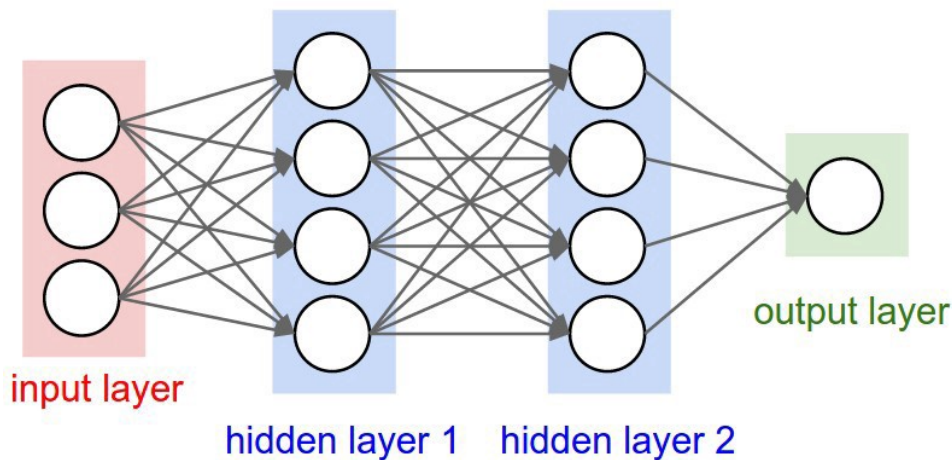


competition, which differ among themselves in the exact algorithm of self-organization.



**Fig. 1 – Kohonen network model**

As opposed to traditional methods of compression – mathematical computation and removing redundancies – in solving the problem of compression neural network relies on a lack of resources. Network topology and its learning algorithm demand that high-dimensional data should be transferred from the input of the neural network to its outputs through a relatively small channel. To make such compression multi-layer perceptron can be used. Its architecture will be the following: the number of neurons in the input and output layer is equally equal to the dimensionality of compressed data. Between these layers, there are one or more smaller intermediate layers. A number of intermediate layers define the level of complexity of data conversion. For example network with three intermediate layers can compress training data better but can result worse in a real situation. It happens because some dependency that bears no relation to reality may occasionally be formed in initial data.



**Fig. 2 – Layers of the neural network**

Output data for the network are made in such a way that outputs always have the same set of signals as inputs. During its work backpropagation algorithm minimizes



the error. It means that weights of associations from the input layer of neurons to approximately its middle layer will act to compress the signal and the rest of the layers will act to decompress it. In the real world acquired network is split into two. The output of the first network is transmitted through a communication channel and fed to the input of the second network responsible for decompression.

Neural network training is usually made step by step. Such steps are usually named cycles or epochs. At each step input of the neural network is fed with all elements of the training set, then input values are calculated which in return are compared with target (training) values and function error (training criterion) is calculated.

Image with .tif format is selected as input data. In each specific case images with size (1:64, 1:64) pixels are used. The network will be developed with 4 neurons in the first layer (compression) and 16 neurons in the second layer (decompression) but selected values may vary depending on desired results. A sigmoid function will be used for the first layer. A linear function will be used for the second layer. Then training using an optimization algorithm is conducted for solving many complicated tasks including image compression. Backpropagation is one of the methods of training of multi-layer feed-forward neural network. Multi-layer perceptrons are successfully used to solve many complicated tasks including image compression.

Compression with this method will occur faster because of the use of an optimization algorithm during the training of the neural network. Compression of 250-270 KB images will occur in 2-3 seconds. Such information technology is better than its alternatives if an image is no more than 300 KB in size.

### **Summary and conclusions.**

Have been considered the algorithm of image compression that based on a feedforward neural network using an optimization training algorithm is proposed. Software based on this algorithm will be developed. It will have advantages over existing services in such parameters as speed, convenience, accessibility, image processing quality and, most importantly, it will have a higher compression ratio, and therefore it will have a higher compression efficiency.

### **References**

1. Duke V.A. Data Mining - data mining // Information technologies: website. – URL: <http://www.inftech.webservis.ru/it/database/datamining/ar2.html>
2. Xianjun Ni Research of Data Mining Based on Neural Networks // World Academy of Science, Engineering and Technology. - 2008. - No. 39. - P. 381-384.
3. Xu R. and Wunsch D. II. Survey of Clustering Algorithms. IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL NETWORKS, VOL. 16, NO. 3, MAY 2005, pp. 645-678.
4. Mandel I.D. cluster analysis. Moscow: Finance and Statistics, 1988. No176 p.
5. Starikov A. Practical application of neural networks for classification (clustering) problems, <http://www.basegroup.ru/neural/practice.htm>, January 2000.
6. Olefir A.O. Neural network model of data compression– International conference "Intellectual analysis of information". – Kyiv: Prosvita, 2015 – pp. 152 – 157.



УДК 719.

**PROTECTION OF CULTURAL HERITAGE. TERNOPIL CASTLE  
ОХОРОНА КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ. ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ЗАМОК****Diachok O.M. / Дячок О.М.***d.arh., prof. / д.арх., проф.*

ORCID: 0000-0002-5808-6826

*Ternopil national pedagogical university, Ternopil, Maxyma Kryvonosa, 2, 46027***Kolodrubska O.I. / Колодрубська О.І.***s.arh., as.prof. / канд. арх., доц.*

ORCID ID: 0000-0003-3903-2117

*Lviv National Environmental University (LNEU), Dublyany, V. Velykiho, 1, 80381,***Volska S. O. / Вольська С.О.***s.a.s., as.prof. / к.мист., доц.*

ORCID: 0000-0002-2775-5716

*Ternopil national pedagogical university, Ternopil, Maxyma Kryvonosa, 2, 46027***Kuziv.M.P. / Кузів М.П.***prof. / проф.*

ORCID: 0000-0003-1928-734X

*Ternopil national pedagogical university, Ternopil, Maxyma Kryvonosa, 2, 46027*

**Abstract.** *The paper examines the problem of transforming the Old Ternopil Castle into an attractive tourist object of cultural heritage. The castle is an architectural monument of national importance, however, after numerous reconstructions, today it has lost its authentic appearance and needs restoration. At the same time, today there are no historical data on detailed plans, the appearance of the former fortification structure, which makes architectural research particularly relevant. The article, based on research by a group of Ternopil architects, analyzes the history of the castle, shows the theoretical reconstruction of the building at various stages of its development. All this will help to introduce data about the Ternopil castle into scientific circulation; can draw the attention of scientists to the problems of preserving the cultural heritage and contribute to the restoration of the castle and the reproduction of its original appearance.*

**Key words:** *fortification, cultural heritage, castle, palace, architectural monument, restoration, theoretical reconstruction.*

**Introduction.**

The Old Ternopil Castle is a fortification that dates back to the 16th century. During its long existence, the monument was rebuilt several times and came down to us in a very changed form and hardly resembles a fortress. Apart from the name, nothing indicates that it was once a powerful fortification object that held back enemy attacks in the tumultuous 16th and 17th centuries. Today, the premises of the Old Castle house a children's and youth sports school for Greco-Roman wrestling, while the technical condition of the monument is deteriorating. Therefore, there is a need to turn the castle into a cultural object and make it more attractive to tourists. As part of the implementation of the «Program for the Preservation, Restoration and Popularization of the Historical and Cultural Heritage of Ternopil», it is possible to return the monument to its authentic appearance, and to return to the citizens of Ternopil the ancient symbol of the city depicted on its emblem [5].

A group of Ternopil architects from the architectural studio of Yurii Verbovetskyi conducted historical and architectural research and developed a theoretical reconstruction of the Ternopil Castle, which is important for its restoration



and recreation of its original appearance.

The purpose of the article is to introduce into scientific circulation data on current architectural research of the Ternopil Castle and proposed design solutions for its reconstruction.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks: to show the construction stages of the formation and development of the Ternopil Castle, to introduce into scientific circulation the data of theoretical reconstruction of the fortification and the proposed design solutions for the restoration of the monument to restore its original appearance and turn it into an important tourist attraction in Ternopil.

### **Main text.**

Ternopil Castle is an architectural monument of national importance (protection number 634-N) located in the central part of the city on the high eastern bank of Ternopil Pond [15]. It was built in 1540-1548 by the founder of the city of Ternopil, the Krakow castellan Jan Amor Tarnowski. Today's Ternopil Castle is the oldest partially preserved building in the city. The two lower basement tiers with loopholes on the side of the pond, the first ground tier, and fragments of the upper tiers are remnants of the original castle construction. The modern three-story central volume of the building with a gable roof and pedimented finials, as well as two symmetrical two-story wings on the north and south sides, built above the basement levels, are the result of reconstruction in the late 18th and early 19th centuries, when the castle lost its defensive significance and was rebuilt into a palace [1; 8].

Probably, in the 16th century, the castle occupied a very small area. The main castle building was a massive tower - a donjon above the floodplain of the Seret River, located in the western part of the castle. It has survived in its rebuilt form and is the central volume of the modern castle. The lower floors of the donjon housed casemates, warehouses, and a prison. Two towers with battlements and defensive walls surrounding a rectangular courtyard (dytinets) adjoined this main building to the north and south. In the eastern part of the courtyard there was an entrance gate-tower with a drawbridge, which was adjacent to outbuildings: a bakery, kitchen, and stables. On the inner side of the walls, a gallery with loopholes was arranged around the perimeter to fire at enemies. Figure 1 shows graphic sketches of one of the versions of the theoretical reconstruction of the castle in the 16th century, made in the Architectural Workshop of Yurii Verbovetskyi.

In the course of their research, the architects relied on archaeological explorations conducted in 2017 by specialists of the State Enterprise "OASU Podilska Archeology" (headed by B. Strozen), during which they discovered the defensive walls on the southwestern side, established the contours of the castle and its approximate dimensions (90 m × 75 m), determined the surface level in the sixteenth century, etc. To this day, only the lower part of the original 16th-century building has survived - two tiers of casemates adjacent to the steep slope of the pond bank. This basement part of the castle (fragments of the main residential and defense structure of the castle) is the oldest surviving building in the city. Not a single trace of the castle's walls, towers, moats, and ramparts remains above ground level. The main territory of the castle, which was once surrounded by walls, is not built up [1].



**Figure 1. Graphic reconstruction of Ternopil Castle in the 16 th century.**

In the first half of the 17th century, the castle was substantially rebuilt during the reign of Tomasz Zamoyski. The reconstruction was caused by the need to adapt to the new defense tactics that arose in connection with the development of artillery [11]. The wall and tower type of defense was replaced by the bastion type. New ramparts were built around the castle, probably lined with stone (Figure 2).



**Figure 2. Graphic reconstruction of Ternopil Castle in the 17 th century.**



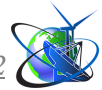
It is known that the castle was not the only defensive object in Ternopil; the city also had its own fortification network. The old castle was originally a separate, isolated fortification unit located north of the city. It was the last stronghold, the citadel where the outpost was located. Over time, as the city expanded and new city ramparts and walls were built, the castle became part of a single fortification network that protected Ternopil during military conflicts. Therefore, the development of the Old Castle should be viewed in the context of the development of Ternopil's defense network at various stages, of which it was an important and organic component. During this period, Ternopil and the castle were in the midst of historical events, suffering numerous destructions from attacks by the Tatars and Cossacks during the National Liberation War of 1648-1657. In 1675, all the defensive fortifications of Ternopil, including the towers and entrance gates, were completely destroyed by the Turkish army led by Ibrahim Shishman, and the castle was burned. Since then, the city's defense network has not been restored [11].

In 1772, the First Partition of the Polish-Lithuanian Commonwealth took place, after which Ternopil, along with other cities and lands of Eastern Galicia, became part of the Austrian monarchy. The Habsburgs' policy of eliminating city defenses did not spare Ternopil. These changes led to the city's release from its compact center and expansion into the suburbs over the next century. Probably, during the 18th century, all the city fortifications were dismantled, the ramparts were leveled, the ditches were filled in, and the stone fortifications were dismantled [9].

From the end of the 18th century, the central part of the city was gradually densified and organized, and traditional historic houses were replaced by new buildings in the style of classicism, later eclecticism, secession, and constructivism. In the early 19th century, the owner of the castle, Franciszek Korytowski, rebuilt it into a palace. At that time, the defensive fortifications, towers, and gates were demolished and the castle was surrounded by a simple wall. A three-story New Castle (Castle Palace) was built on the south side, and a new entrance gate with narrow gates and 2 stone pylons was installed. In 1810, a "dancing casino" was organized in the castle, where the governor of the Ternopil region, Ignatius Teils [4], organized high society balls. A valuable cartographic document is one of the earliest cadastral plans of Ternopil, dated 1829 (Figure 3). This map shows the configuration of the castle complex after the reconstruction by Franciszek Korytowski. The outline of the brick wall that enclosed the castle grounds in the early 19th century is clearly visible.

In 1843, the last owner of Ternopil, T. Turkull, sold the castle to the city community, which handed it over to the Austrian army for barracks. During the First World War, Russian troops retreating from the city burned the Old Castle on July 21, 1917, and for a long time it remained roofless (Figure 4). It remained in this ruined state until 1926, when the restoration of the buildings began. The New Castle was also damaged.

In the interwar years, when Ternopil became the center of the eponymous voivodeship as part of the Second Polish Republic, the castle was restored (1926-1931). On April 12, 1931, the restored castle was consecrated. The military used the Old Castle building for their own needs - the Infantry School was located here. In 1931, the restored New Castle housed various departmental institutions.



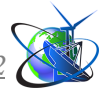
During the Second World War in 1944, the battles for Ternopil continued between Wehrmacht units and Red Army troops storming the city. During these battles, the city was almost completely destroyed. The castle complex was chosen as one of several strongholds of the German defense, and a hospital was set up in the old castle cellars. The palace and castle complex became one of the last points of fierce German resistance. The Soviet troops first shelled the castle with artillery, then stormed it with separate groups of soldiers, as a result of which the buildings of the complex suffered very significant damage. 85% of the city center buildings were also destroyed, and the old market square disappeared from the city map. After the war, the ruins of the 19th-century palace (the New Castle) were dismantled, and the northern wing of the Ternopil Hotel was later built on its foundation. The walls and gates were also dismantled.

The postwar reconstruction of Ternopil, which was carried out according to the Soviet model, involved the demolition of some of the city's dominant buildings and the construction of new administrative and public buildings [10]. Some of the surviving buildings and monuments have been restored. The reconstructed premises of the former castle were adapted into a Greco-Roman wrestling school, which is still in use today [8].



Figure 3. A fragment of the cadastral map of Ternopil, 1829.

In 1950-1954, the Soviet-style restaurant Khvylya was built right next to the castle's basement on the northwestern side (a local architectural monument, item No. 1998-M).



**Figure 4. The ruins of the castle, photo from 1917.**

In the 1948-1950s, a pavilion-gazebo was built on a high terrace on the site of the northern bastion of the castle (local architectural monument, oh. 2002-M). In the 1950s and 1960s, new buildings were constructed on the territory adjacent to the castle: a maternity hospital, the Ternopil Hotel (partially on the site of the New Castle), and 4-story residential buildings on Zamkova Street. All of them are classified as ordinary historical buildings by the current Historical and Architectural Master Plan of Ternopil. In the late 1980s, during the last years of the Soviet Union, the castle underwent renovations. In 1990-2000, the new owners of the former Khvylya restaurant carried out a superstructure that disharmoniously affected the visual perception of the Old Castle's facades from the Ternopil Pond [12].

After Ukraine gained independence, a new emblem of Ternopil was approved. A schematic image of the castle palace was placed in its central part as one of the main elements of the coat of arms. Thus, the authorities officially recognized Ternopil Castle as a symbol of the city.

In 2007, archaeological excavations were carried out on the territory of the castle, the first in the history of the castle. In the same year, the Institute "Ukrzakhidproektrestavratsiya" received an order from the Ternopil Regional State Administration to create a project for the elimination of the emergency state of the castle building and to carry out works on the improvement of this architectural monument. In the spring of 2009, the Ternopil City Council raised the question of whether it was appropriate for a sports school to be located within the walls of the historic building. As part of the implementation of the Program for the Preservation, Restoration and Popularization of the Historical and Cultural Heritage of Ternopil, it was proposed to place the Museum of the City History and a hall for honorary delegations in the castle. In 2010-2011, the building's facades were repaired and the surrounding area was landscaped [14].

The current building is the result of reconstructions in the late 18th and 19th centuries that changed its appearance and interiors. Despite repeated fires and destruction as a result of world wars, this building is well preserved, but it has partially lost its authentic appearance and needs a scientifically based restoration (Figure 5).





Back in 1991-1992, the staff of the Institute for Designing the Restoration of Monuments (Vilnius, Lithuania) developed a project for the restoration and adaptation of the Old Castle in Ternopil into an art museum. As part of the research work, architectural and archaeological measurements of the monument and stylistic cartograms were made, which indicated the periods of construction of various walls of the Old Castle or their sections - from 1540 to 1951. Due to socio-economic transformations and the general crisis, this adaptation project was not implemented. However, some of the materials of the research work of Lithuanian specialists have survived to the present day and were used by the architects of the Verbovetsky architectural studio for further research. They carried out new field studies. As part of the comprehensive scientific research, detailed architectural and archaeological measurements were made of the rooms of the castle's southern wing and attics (above the third floor, above the northern and southern wings of the building), narrow passages in the thickness of the walls of the central volume, and the dimensions of some other rooms were specified. This made it possible to make detailed plans and sections of the entire monument, which in turn helped to describe the structural scheme of the building, identify the original purpose of the premises, establish the sequence of appearance and dismantling of partitions, analyze the three-dimensional solution, and determine the original structure of the castle and its later layers [15].

As part of the field research, plaster probing was carried out in various places on the facades, and two pits were excavated in two rooms of the northern wing of the monument. In addition to solving the main tasks (clarifying the design features and construction sequences of various volumes of the monument), the soundings and pits made it possible to make sure that the authentic masonry is in satisfactory condition. Its disclosure will make it possible to restore the appearance of the monument to the features of a defense structure, to implement project proposals for its exhibition and museumization, in particular, to create a basement museum space [3].

As is known from historical and bibliographic research, at the turn of the 17th and 19th centuries the castle was rebuilt into a palace. Along with the reconstruction, all the ancient stone castle walls were covered with a layer of plaster for the first time.



**Figure 5. Modern view of the Old Castle.**



During the 19th and 20th centuries, the Old Castle building was repeatedly damaged by fires and wars. However, most of the plaster still remained on the walls from the period of reconstruction two centuries ago. Thus, the authentic masonry of the 16th and 17th centuries is hidden (actually preserved) under the layer of plaster, and with it the probable openings that were laid as a result of the long construction history of the monument. They can be windows, loopholes, or a hypothetical entrance gate from the pond. The discovery of such artifacts after the plaster has been removed can radically change the idea of the Old Castle's ancient appearance and structure, and cause a sensation among researchers and historians of defense architecture, scientists, and local historians. This will undoubtedly improve the tourist attractiveness of the monument, increase interest in it from both city residents and visitors, and create a scientific basis for developing a comprehensive restoration project in the future.

It should be noted that this research is also not complete, as access to all parts of the monument is currently limited. A private restaurant complex "Maxim" has been operating next to the Old Castle for many years, with its building attached to the Old Castle on the northwestern side. From the side of Ternopil Pond, close to the basement of the monument, there is a summer restaurant "Veranda", which belongs to this complex. The owner of the restaurant complex is unwilling to facilitate scientific research of the monument and does not provide access to the site where it would be possible to conduct soundings, examine the stonework of the basement of the castle, and perform pits to identify and uncover the most valuable preserved artifacts of the monument as a former defense structure - the outer holes of the battlements. There is also no free access to the structures of the monument from the northwestern side - in the narrow space between the restaurant building and the castle wall, which is used by the entrepreneur for household needs. For objective reasons, it was not possible to carry out a large number of probes inside the building of the monument due to the functioning of the Greco-Roman wrestling school. Therefore, field research was carried out only in those places where it was possible. Despite these limitations, the number of structural features and elements of the monument identified in the current research indicates the need for full-scale research in the future, when more favorable conditions arise.

### **Conclusions.**

The article discusses the history of the Old Castle in Ternopil, which spans almost five centuries. Despite numerous reconstructions and the loss of its original appearance, it has partially preserved its ancient planning structure, and thus is a valuable monument of European defense architecture of the 16th and 17th centuries. It is proved that the absence of any historical iconography (engravings, paintings, etc.) and detailed plans that would have recorded the castle at the time when it performed a defensive function makes architectural research particularly relevant. It is shown that the proposed restoration project by Y. Verbovetskyi, which provides for the removal of plaster from all facades, will reveal the authentic masonry of the 16-17th centuries when the castle building performed its direct defense function. This will make it possible to identify previously unknown artifacts (embedded window openings, battlements, entrance gates, etc.), allow for a deeper study of the

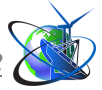


construction history of the monument and develop a more accurate theoretical reconstruction of its original appearance. All of the above will restore the appearance of a defensive structure to the monument; increase the tourist attraction of the monument and improve the image of the city.

### Literature:

1. Adamczyk J. L. Fortifications on the Polish bulwark from the mid-sixteenth to the end of the seventeenth century / Monographs, studies, dissertations No. 48. Kielce: 2004 (Polish).
2. Okarinskyi V., Khanas V. Tarnovskyi Jan II Cupid // Ternopil encyclopedic dictionary: in 4 volumes / edited by: G. Yavorskyi et al. Ternopil: Zbruch, 2008. Vol. 3: P — Y. 385 p. (Ukrainian)
3. Old Castle (Ternopil) [Electronic resource]. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Stary\\_zamok\\_\(Ternopil\)/](https://uk.wikipedia.org/wiki/Stary_zamok_(Ternopil)) (date of application: 10.02.2023) .
4. Petryshyn G. Von Mig's map (1779-1782) as a source for the urban history of Galicia. Lviv: NU Lviv Polytechnic, 2006. (Ukrainian)
5. The history of the Old Castle from the earliest period to the present. [Electronic resource]. URL: <https://ternopil-future.com.ua>. (date of application: 12.02.2023) .
6. Tomchyshyn Y. A new story for Ternopil. 04.10.2017. [Electronic resource]. URL: [mode:https://zbruc.eu/node/71420](https://zbruc.eu/node/71420) (date of application: 12.01.2023)
7. Vodzynskyy, E., 1996. Historical cities of Ukraine: research and heritage protection. Architectural Heritage of Ukraine, 3 (1), 243-254 pp. (Polish).
8. Boyko V., Duda I. Ternopil Castle (Old Castle). Ternopil Encyclopedic Dictionary: in 4 volumes / edited by: G. Yavorskyi et al. Ternopil: Zbruch, 2008. Vol. 3: P - Ya. pp. 426-427. (Ukrainian).
9. Matsyuk O. Castles and Fortresses of Western Ukraine: hist. Travels. Lviv: Center of Europe, 2005. 199 p. (Ukrainian).
10. Duda I. Ternopil 1540-1944. Historical and local history chronicle. Part 1, Ternopil: Educational book - Bohdan, 2010. 291 p. (Ukrainian).
11. Finkel L. The city of Tarnopol in 1672. Tarnopol, 1892. (Polish).
12. Havryliuk O., Krochak I, Petrovskyi O. Ternopil: pages of the past and present. Aston Publishing House, 2010. 120 p. (Ukrainian).
13. Lennik J. Privileges of kings and owners of the city of Tarnopol. Ternopil, 1892. (Polish).
14. Rybchynskyi O. Market squares of historical cities of Ukraine: a monograph. Lviv: Stary Lev Publishing House, 2016. 76 p. (Ukrainian).
15. Monuments of urban planning and architecture of the Ukrainian SSR in 4 volumes. T. 4. Kiev: Budivel'nik, 1986. 57 p.(Ukrainian).

***Анотація.** У роботі розглядається проблема перетворення Старого Тернопільського замку на привабливий туристичний об'єкт культурної спадщини. Тернопільський замок - пам'ятка архітектури національного значення (охоронний номер № 634-Н), розташований у центральній частині міста на високому східному березі Тернопільського ставу. Споруда датується 16 століттям, але після численних перебудов сьогодні втратила свій*



автентичний вигляд, потребує реставрації. Окрім назви вже ніщо не вказує на те, що колись це був потужний фортифікаційний об'єкт, який стримував ворожі навали у буремних 16 – 17 ст. Нинішня споруда – результат перебудов кінця 18 – 19 ст., що змінили його зовнішній вигляд та інтер'єри. В той же час, на сьогодні відсутні будь-які історичні дані про детальні плани, зовнішній вигляд фортифікаційної колись споруди, що робить проведення архітектурних досліджень особливо актуальними.

Метою статті є введення в науковий обіг даних про поточні архітектурні дослідження Тернопільського замку та запропоновані проектні рішення по його реконструкції.

У статті проаналізована історія замку, показана теоретична реконструкція споруди на різних етапах її розвитку, створена групою тернопільських архітекторів. Усе це допоможе внести до наукового обігу дані про Тернопільський замок; може привернути увагу науковців до проблем збереження культурного надбання та сприяти реставрації замку та відтворення його первісного вигляду для перетворення замку на важливий туристичний об'єкт Тернополя. У рамках реалізації «Програми збереження, відновлення та популяризації історико-культурної спадщини Тернополя» в замку пропонується розмістити Музей історії міста, зал для почесних делегацій.

Запропонований проект реставрації групи тернопільських архітекторів передбачає зняття тиньку зі всіх фасадів, розкриття автентичної кладки 16-17 ст., коли будівля замку виконувала свою безпосередню оборонну функцію. Це дасть змогу виявити раніше невідомі дослідникам артефакти (закладені віконні прорізи, бійниці, в'їзну браму тощо), дозволить глибше дослідити будівельну історію пам'ятки та розробити більш точну теоретичну реконструкцію її первісного вигляду.

**Ключові слова:** фортифікаційна споруда, культурна спадщина, замок, палац, пам'ятка архітектури, реставрація, теоретична реконструкція.

*The article was prepared within the scientific topic of the department of Fine Arts, Design of Ternopil National Pedagogical University "Spiritual Shrines of Ternopil Region". State registration number: 0120U102295.*

The article has been sent: 17.02.2023.

© Diachok O.M.



УДК 666:973.6.

## IMPROVEMENT OF THE PROPERTIES OF HEAT-INSULATING PRODUCTS BASED ON LIQUID GLASS BY MODIFICATION UNDER THE INFLUENCE OF MICROWAVE RADIATION.

### ПОЛІПШЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ РІДИННОГО СКЛА ШЛЯХОМ МОДИФІКАЦІЇ ПІД ВПЛИВОМ НВЧ ВИПРОМІНЮВАННЯ

Rymar T. / Рymar T.E.

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor / доктор технічних наук, доцент  
ORCID: 0000-0001-9724-8640

Професор кафедри хімічної інженерії та екології,  
Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl  
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля  
Київ, вул. Іоанна Павла II, 17, 01042

**Анотація.** В роботі проводиться дослідження властивостей рідинноскляних теплоізоляційних матеріалів, отриманих на основі гранульованих продуктів під дією НВЧ випромінювання. Наводяться хімічні та фізичні методи модифікації рідинноскляних композицій, які можна застосовувати для поліпшення властивостей теплоізоляційних матеріалів. Крім хімічних методів модифікації останній час все більше набувають застосування фізичні методи, які направлені на зміну фізичного стану речовини. До таких методів належить і обробка матеріалу під дією електромагнітного поля. Так, завдяки об'ємному нагріву і механізму «нетеплової» дії НВЧ випромінювання на оброблювальні об'єкти значно знижується тривалість та температура їх нагріву, а також поліпшуються експлуатаційні властивості виробів за рахунок модифікації структури рідинноскляної матриці під впливом її опромінення даним видом енергії. За рахунок об'ємного тепловиділення в товщі рідинноскляної композиції вдається отримати теплоізоляційні вироби шляхом одночасної поризації з об'ємним розширенням гранул і зв'язуючого. Застосування неспучених «сирцевих» гранул обумовлює щільну упаковку гранул при збільшенні їх об'єму в процесі спучення, а поризоване зв'язуюче заповнює міжгранульні порожнечі, і при цьому не тільки покращує теплотехнічні властивості матеріалу, а і зміцнює його.

**Ключові слова:** НВЧ випромінювання; модифікація; рідинноскляні теплоізоляційні матеріали; об'ємне розширення; експлуатаційні властивості.

#### Вступ.

Дослідження ринку теплоізоляції України показало, що на теперішній час крупних виробників теплоізоляційних матеріалів (ТІМ) на основі рідинного скла (РС) в плитній формі та у формі теплоізоляційних виробів іншої конфігурації немає. Випускаються переважно гранульовані матеріали, які використовують як теплоізоляційні засипки, або як заповнювачі для ніздрюватих бетонів. Існує ряд малих підприємств, які реалізують експериментальні технології виробництва матеріалів на основі зернистого заповнювача та різних видів зв'язуючого. До таких матеріалів можна віднести обжиговий склосилікат, який отримують на основі гранул склопора контактено омонолічених рідинним склом, теплоізоляційний матеріал ніздрюватої структури на основі заповнювача з натрієвого рідинного скла, метакаоліну та силікатвміщуючих відходів виробництва металічного кремнію та реакційних сумішей, що спучуються, теплоізоляційні матеріали на основі модифікованих



алюмосилікатних композицій та штучних або природних пористих заповнювачів та інші.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Дослідженнями вищезгаданих матеріалів займаються вчені Київського національного університету будівництва і архітектури. Так, у роботах П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьової та М.В. Суханевич, М.А. Саницького було встановлено, що лужні алюмосилікатні композиції мають здатність до спучення при випалюванні за рахунок видалення хімічно та фізично зв'язаної води з цеолітоподібних новоутворень та розроблено легкий спучений заповнювач на основі натрієвого РС, метакаоліну та силікатвміщуючих відходів виробництва металічного кремнію. На основі даного заповнювача та реакційних сумішей, що спучуються, розроблено ТІМ ніздрюватої структури [1-2]. У роботах К.К. Пушкарьової, О.А. Гончар, А.І. Борисової, Ейне І.А. пропонуються склади ТІМ на основі модифікованих алюмосилікатних композицій та штучних пористих заповнювачів (спученого вермикуліту, перліту, сіопору, пораверу) [3-4]. Вченими Кривенко П.В., Гузій С.Г., Горбуновою І.А., Ковальчук Г.Ю. розроблено склади теплоізоляційних поризованих бетонів на основі спінених алюмосилікатних в'язучих речовин з застосуванням перлітового піску та золи-виносу [5-6]. Дослідженнями процесів отримання геополімерних пін займаються вчені з різних країн світу (Badanoiu A., Al Saadi T., Chen X., Guo Y. та ін.) [7-10]. Ними було розроблено теплоізоляційні матеріали на основі лужноактивованих алюмосилікатних композитів та техногенних відходів з високою термостійкістю.

Однак при усіх перевагах алюмосилікатних пористих матеріалів, слід зазначити суттєві недоліки технологій їх виробництва, а саме: випал алюмосилікатної матриці відбувається впродовж тривалого часу за високих температур, а також необхідність витримки готової алюмосилікатної композиції перед спученням впродовж декількох діб, що пов'язано із впливом процесу старіння гелевих сумішей на кінетику кристалізації новоутворень.

Дослідженням термо- і жаростійких матеріалів і цементних бетонів, що працюють в динамічних умовах з використанням різних відходів промисловості присвячені роботи Шпирько Н.В. із співробітниками, якими розроблено ряд жаростійких теплоізоляційних матеріалів для футеровки теплових агрегатів з температурою експлуатації до 1200 °С [11-12]. Дослідженням процесів структуроутворення в композиціях на основі розчинних силікатів лужних металів приділено увагу в роботах Саницького М.А. та Кропивницької Т.П., в яких розкрито фізико-хімічні закономірності даних процесів і встановлено принципи наномодифікування цементного каменю, що визначає покращенні технічні властивості пінобетону [13-14].

Для виробництва даних матеріалів застосовують методи хімічної модифікації за допомогою реакцій взаємодії алюмосилікатної сировини із сполуками лужних металів, що направлено на поліпшення основних експлуатаційних властивостей теплоізоляційних виробів.

Крім хімічних методів модифікації останній час все більше набувають застосування фізичні методи, які направлені на зміну фізичного стану



речовини. До таких методів належить і обробка матеріалу під дією електромагнітного поля. Так, завдяки об'ємному нагріву і механізму «нетеплової» дії НВЧ випромінювання на оброблювальні об'єкти значно знижується тривалість та температура їх нагріву, а також поліпшуються фізико-механічні властивості виробів за рахунок модифікації структури РС матриці під впливом її опромінення даним видом енергії. Переваги такої технології в порівнянні з технологією алюмосилікатів наведено на рис. 1.

### Мета дослідження.

Алюмосилікатні композиційні матеріали на основі природних та штучних пористих заповнювачів виготовляють шляхом зв'язування заздалегідь спучених гранул. НВЧ випромінювання, завдяки об'ємному нагріву дозволяє виключити стадію окремого спучення гранул і отримати теплоізоляційні вироби шляхом одночасної поризації з об'ємним розширенням гранул і зв'язуючого. Причому співвідношення гранул і зв'язуючого відіграє важливу роль при формуванні виробів з однорідною дрібнопористою структурою.



**Рис. 1 - Переваги НВЧ технології ТІМ в порівнянні з технологією алюмосилікатів**

*Авторство*

Метою роботи є дослідження впливу співвідношення гранул і зв'язуючого на властивості теплоізоляційних матеріалів, отриманих шляхом одночасної поризації з об'ємним розширенням гранул і зв'язуючого та шляхом зв'язування заздалегідь спучених гранул, отриманих під дією НВЧ випромінювання.

### Вихідні дані та методи.

Зв'язуюче, що використовується для виготовлення композиційних теплоізоляційних матеріалів, містить: як основний компонент — рідинне натрієве скло, як модифікатори коагуляційно-кристалізаційних процесів — оксид цинку і напівводний гіпс, як пороутворювач — пероксид водню, як піностабілізатор — оксиетильований алкілфенол. Як гранульований заповнювач використовуються неспучені гранули на основі РС і оксиду цинку [15-16].

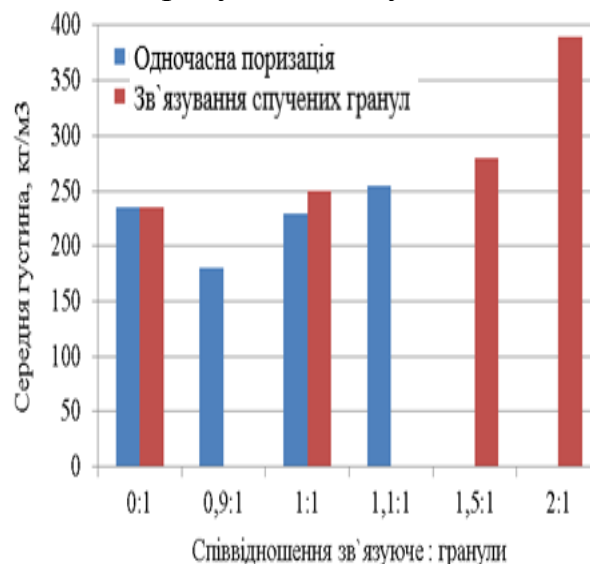


Технологія композиційних ТІМ на основі РС включає наступні стадії: 1) приготування РСК для гранул, 2) гранулювання РСК у розчині хлориду кальцію, 3) витримка гранул в розчині протягом 30 - 40 хв при температурі 25-30°C, 4) сушка гранул до залишкової вологості ~50%, 5) приготування РС зв'язуючого, 6) перемішування РС зв'язуючого і неспучених гранул у співвідношенні 1:1; 7) формування виробу та його спучення в НВЧ-установці при потужності 650Вт, що відповідає температурі 115-120 °С, протягом 8-10 хв, 8) вилучення виробу з форми.

#### Результати дослідження.

При отриманні композиційних матеріалів велике значення має масове співвідношення кількості гранульованого заповнювача до кількості зв'язуючого, тому що необхідно досягти монолітної структури матеріалу і рівномірного покриття шару гранул, від цього залежать всі основні експлуатаційні властивості матеріалу.

На рис. 2 наведена залежність середньої густини композиційного матеріалу від співвідношення гранул до зв'язуючого.



**Рис. 2 - Залежність середньої густини композиційного матеріалу від співвідношення кількості зв'язуючого до гранульованого заповнювача**

*Авторство*

На наведеному графіку нульова точка (0:1) відповідає середній густині матеріалу, отриманому без застосування зв'язуючого, тобто спіканням тільки гранул. При такому способі отримання теплоізоляційного матеріалу утворюється значна кількість великих пустот в міжгранульному просторі, що негативно позначається на їх властивостях. Введення зв'язуючого дозволяє домогтися заповнення міжгранульного простору і пустот, тим самим зміцнити матеріал і знизити його водопоглинання і гігрокопічність.

Як видно з рис. 2, при збільшенні кількості зв'язуючого щодо гранульованого матеріалу, середня густина також збільшується. При одночасній поризації гранул і зв'язуючого для досягнення однорідної структури матеріалу потрібна невелика кількість зв'язуючого, яке рівномірно заповнює порожнечі між гранулами, що спучуються. При найвищому



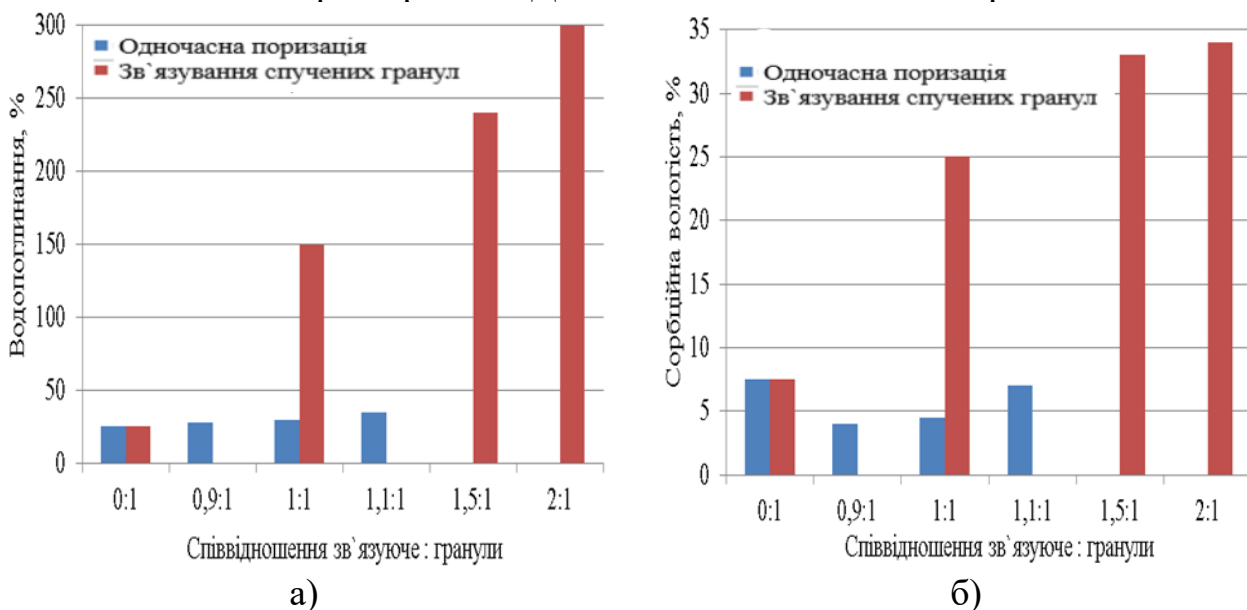


співвідношенні зв'язуючого до гранульованого заповнювача — 1,1:1 середня густина зразка становить 250—260 кг/м<sup>3</sup>. У разі зв'язування заздалегідь спучених гранул при найвищому співвідношенні зв'язуючого до гранульованого заповнювача — 2:1, середня густина досягає значення 380—400 кг/м<sup>3</sup>. Тобто при зростанні кількості зв'язуючого щільність упаковки гранул падає, оскільки відстань між каркасоутворюючими елементами (гранулами) збільшується, що призводить до утворення великих порожнеч при спученні зв'язуючого і їх схлопування, середня густина матеріалу при цьому значно зростає, через осідання спученої системи після завершення процесу.

При співвідношенні гранульованого заповнювача до зв'язуючого 1:1, у разі зв'язування заздалегідь спучених гранул, середня густина матеріалу найнижча — 245 кг/м<sup>3</sup>, однак отриманий зразок має незадовільний зовнішній вигляд, тому що верхній шар гранул має погане покриття зв'язуючим. Порівняно низькою середньою густиною в поєднанні з задовільним зовнішнім виглядом характеризується матеріал, отриманий при співвідношенні кількості зв'язуючого до гранул 1,5:1 — 270—290 кг/м<sup>3</sup>.

Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновок, що при отриманні композиційних матеріалів шляхом одночасної поризації гранул і зв'язуючого скорочується витрата зв'язуючого (співвідношення зв'язуючого до гранул становить 1:1), а матеріал характеризується більш низькою середньою густиною — 220—240 кг/м<sup>3</sup>, задовільним зовнішнім виглядом, високою міцністю, завдяки склеюванню гранул між собою і рівномірному заповненню порожнеч між гранулами спученим зв'язуючим.

Одними з визначальних характеристик для теплоізоляційних матеріалів є водопоглинання і сорбційна вологість (гігроскопічність), оскільки надмірне поглинання матеріалом вологи призводить до погіршення його теплоізоляційних характеристик. Дані показники наведено на рис. 3.



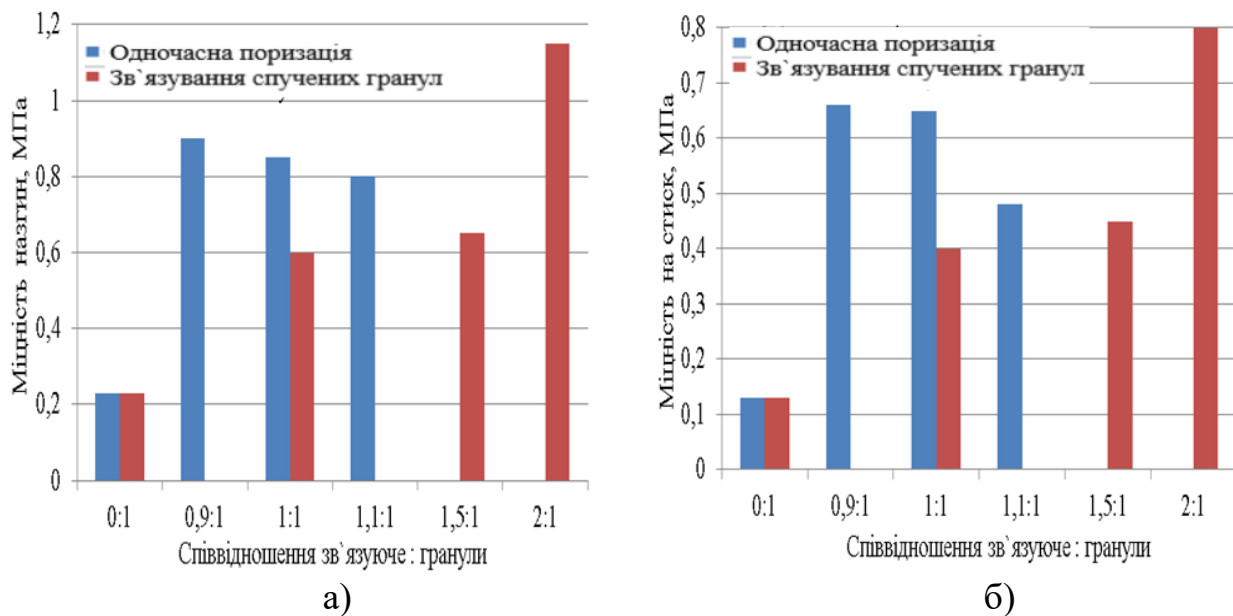
**Рис. 3 - Залежність водопоглинання (а) і сорбційної вологості (б) композиційного матеріалу від співвідношення зв'язуючого до гранульованого заповнювача**

Авторство



Не дивлячись на те, що матеріал, отриманий спіканням тільки гранул (0:1), характеризується низькими показниками водопоглинання і сорбційної вологості, він має і низьку міцність і незадовільний зовнішній вигляд. Як видно з даних рис. 3, у разі зв'язування заздалегідь спучених гранул при збільшенні кількості зв'язуючого до гранульованого заповнювача 2:1 водопоглинання і сорбційна вологість зростає відповідно до 290—300 % і 33—35 %. Більш низька адгезія рідинноскляного зв'язуючого до спучених гранул зумовлює утворення великої кількості порожнеч у міжгранульному просторі, що викликає надмірне поглинання води та її пари з навколишнього середовища. Для матеріалів, отриманих шляхом одночасної поризації гранул і зв'язуючого, показники водопоглинання і сорбційної вологості на порядок нижчі: при збільшенні кількості зв'язуючого до гранул 1,1:1 показники зростають до 34—35 % і 4—5 % відповідно. Завдяки одночасному спученню гранул і зв'язуючого утворюється щільна упаковка гранул, а міжгранульний простір заповнений спученим зв'язуючим дрібної пористості, що запобігає активному поглинанню води та її пари.

На рис. 4 наведено міцнісні властивості ТІМ.



**Рис. 4 - Залежність міцності композиційного матеріалу на стиск (а) і на згин (б) від співвідношення зв'язуючого до гранульованого заповнювача**

*Авторство*

Порівнюючи зразки, отримані при однаковому співвідношенні гранульованого заповнювача до зв'язуючого — 1:1 як для матеріалів, отриманих шляхом одночасної поризації гранул і зв'язуючого, так і для матеріалів, отриманих шляхом зв'язування заздалегідь спучених гранул (середня густина зразків практично рівна і становить 220—240 кг/м<sup>3</sup> і 240—260 кг/м<sup>3</sup> відповідно). Можна відзначити, що у разі одночасної поризації міцність ТІМ має вище значення і на згин становить 0,8—0,9 МПа, тоді як при зв'язуванні вже спучених гранул — 0,6—0,65 МПа, а на стиск 0,6—0,7 і 0,4—



0,45 МПа відповідно. Застосування неспучених, «сирцевих» гранул в першому випадку обумовлює щільну упаковку гранул при збільшенні їх об'єму в процесі спучення, а поризоване зв'язуюче заповнює міжгранульні порожнечі, і при цьому не тільки покращує теплотехнічні властивості матеріалу, а і зміцнює його. При використанні спучених гранул, міцність теплоізоляційного матеріалу нижче, тому що гранули нерівномірно розподіляються в шарі зв'язуючого, при цьому низька адгезія між компонентами суміші спричиняє руйнування зразків в місцях контакту гранул і зв'язуючого. Високі показники міцності ТІМ, отриманих шляхом зв'язування заздалегідь спучених гранул, при співвідношенні зв'язуючого до гранул 2:1, пояснюються високою середньою густиною матеріалу, обумовленою осіданням спученого зв'язуючого при остиганні.

Властивості композиційного теплоізоляційного матеріалу, отриманого шляхом одночасної поризації гранул і зв'язуючого, пропонується порівняти з алюмосилікатними матеріалами з легкими заповнювачами найбільш близькими за середньою густиною до розробленого. Порівняльні властивості даних матеріалів наведено в табл. 1.

**Таблиця 1 - Порівняльні технічні характеристики ТІМ**

Найменування показника	Значення показника		
	Розроблений композиційний матеріал	Алюмосилікатний композиційний матеріал на основі сіопору [4]	Алюмосилікатний композиційний матеріал на основі гранул з РС [3]
Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	220—240	250—266	200—220
Водопоглинання, %	28—32	—	10
Сорбційна вологість, %	4—5	—	—
Коефіцієнт розм'якшення	0,65—0,75	0,7—0,94	0,7—0,9
Міцність на згин, МПа	0,8—0,9	—	—
Міцність на стиск, МПа	0,6—0,7	0,735—0,98	2,3—4,5
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м·К	0,05—0,055	0,051—0,06	0,041—0,065
Максимальна температура експлуатації, °С	650	700	600

*Авторство*

З даних таблиці видно, що властивості розробленого матеріалу близькі до властивостей алюмосилікатів, а ось технологія значно простіше, що зазначено на рис.1.

### **Висновки.**

Застосування фізичних методів модифікації рідинноскляних композицій, таких як обробка матеріалу під дією НВЧ випромінювання, є високоперспективним та сучасним способом модифікації, направленим на поліпшення експлуатаційних властивостей виробів за рахунок зміни фізичного стану речовини. Завдяки об'ємному нагріву і механізму «нетеплової» дії НВЧ випромінювання на оброблювальні об'єкти значно знижується тривалість та



температура їх нагріву, а за рахунок об'ємного тепловиділення в товщі рідинноскляної композиції вдається отримати теплоізоляційні вироби шляхом одночасної поризації з об'ємним розширенням гранул і зв'язуючого, що дозволяє отримати однорідноструктурні матеріали з високими фізико-механічними властивостями. Термостійкість та негорючість даних матеріалів дозволяє використовувати їх у теплових промислових установках (промислових печах, казанах, автоклавах і т.п.) та для ізоляції гарячих трубопроводів.

### Список літератури

1. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Суханевич М.В. Розробка фізико-хімічних основ направлено синтезу неорганічних в'язучих в системі  $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$  для отримання екологічно-безпечних спучуваних матеріалів. *Журнал будівництво України*, 1997. № 2. С. 46–49.
2. Кривенко П.В., Пушкарева Е.К., Суханевич М.В., Саницкий М.А. Фізико-хімічні основи низкотемпературної технології отримання теплоізоляційних вспучуваних матеріалів. *Техніка і технологія силікатів*, 1999. № 1–2. С. 25–28.
3. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І. Легкі теплоізоляційні бетони на основі модифікованих лужних алюмосилікатних композицій. *Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка»*. Київ: НДІБМВ, 2011. Вип. 39. С. 137–140.
4. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Борисова А.І., Ейне І.А. Особливості отримання теплоізоляційних матеріалів на основі лужних алюмосилікатних композицій та сіопору. *Будівельні матеріали та вироби*, 2011. № 6 (71). С. 18–21.
5. Кривенко П.В., Гузий С.Г., Горбунова І.А. Теплоізоляційний бетон на основі щелочного поризованого алюмосилікатного зв'язуючого і вспученого перлитового піску. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: *Зб. наук. пр.* Рівне: УДУВГП, 2003. Вип. 10. С. 47–51.
6. Кривенко П.В., Ковальчук Г.Ю. Фізико-хімічні передумови отримання лужного алюмосилікатного зв'язуючого на основі золи-виносу. *Композиційні матеріали для будівництва: Зб. наук. пр.* Макіївка: ДонДАБА, 2000. Вип. 2 (22). С. 111–116.
7. Guo Y.; Zhang Y.; Huang H.; Meng K.; Hu K.; Hu P.; Wang X.; Zhang Z.; Meng X. Novel glass ceramic foams, materials based on red mud. *Ceram. Int.* 2014. Vol. 40. P. 6677–6683. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.11.128>. (last access: 03.01.2023.)
8. Chen X.; Lu A.; Qu G. Preparation and characterization of foam ceramics from red mud and fly ash using sodium silicate as foaming agent. *Ceram. Int.* 2013. Vol. 39. P. 1923–1929. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2012.08.042>. (last access: 03.01.2023.)
9. Badanoiu A.; Al Saadi T.; Stoleriu S.; Voicu G. Preparation and characterization of foamed geopolymers from waste glass and red mud. *Constr. Build. Mater.* 2015. Vol. 84. P. 284–293. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.03.004>. (last access: 03.01.2023.)



10. Al Saadi T.; Badanoiu A.I.; Nicoara A.I.; Stoleriu S.; Voicu G. Synthesis and properties of alkali activated borosilicate inorganic polymers based on waste glass, *Constr. Build. Mater.* 2017. Vol. 136. P. 298–306. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.01.026>. (last access: 03.01.2023.)

11. Шпирько Н.В., Сторчай Н.С., Гришко А.Н., Вечер Ю.Н., Богданов Р.В. Стеновой материал с применением техногенного сырья. *Проблемы современной науки*. Ставрополь: Логос, 2013. Вып. 9. С. 166–173.

12. Shpyrko N.V., Storchai N.S., Zorina O.A., Hryshko H.N., Vecher J.N. Integrated use of industrial wastes in building materials. *Nauka i studia*. Przemysł: Sp. z o.o. «Nauka i studia», 2013. NR 35(103). P. 35–42.

13. Рунова Р.Ф., Гоц В.І., Плуґін А.М., Саницький М.А. та ін. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження в будівництво. К.: УВПК „ЕксОб”, 2008. 360 с.

14. M. Sanytsky, T. Kropyvnytska, H.-B. Fischer, N. Kondratieva. Performance of low carbon modified composite gypsum binders with increased water resistance. *Chem. Chem. Technol.* 2019. Vol. 13(4). P. 495–502.

15. T.Rymar, H.Tatarchenko, O.Fomin, V.Pišt'ek, P.Kuřcera, M.Beran, O.Burlutskyy. The Study of Manufacturing Thermal Insulation Materials Based on Inorganic Polymers under Microwave Exposure. *Polymers* 2022, Vol. 14. Is. 15, 3202. <https://doi.org/10.3390/polym14153202>. (last access: 03.01.2023.)

16. T.Rymar, O.Suvorin, L.Rodin. Study of structuring processes in liquid glass compositions based on inorganic polymers under microwave radiation in the production of heat-insulating materials. *Functional materials*. Kharkov. 2022. Vol. 29. № 3. P. 364 – 370. doi:<https://doi.org/10.15407/fm29.02.364>. (last access: 03.01.2023.)

**Abstract.** The paper investigates the properties of liquid-glass heat-insulating materials obtained on the basis of granular products under the influence of microwave radiation. Chemical and physical methods of modification of liquid-glass compositions are presented, which can be used to improve the properties of heat-insulating materials. In addition to chemical methods of modification, physical methods aimed at changing the physical state of matter have been increasingly used recently. Such methods include the processing of material under the influence of an electromagnetic field. Thus, thanks to volumetric heating and the mechanism of "non-thermal" effect of microwave radiation on processing objects, the duration and temperature of their heating is significantly reduced, as well as the operational properties of products are improved due to the modification of the structure of the liquid glass matrix under the influence of its irradiation with this type of energy. Due to the volumetric heat release in the thickness of the liquid glass composition, it is possible to obtain heat-insulating products by simultaneous poration with volumetric expansion of granules and binder. The use of non-expanded, "raw" granules causes a dense packing of the granules while increasing their volume during the swelling process, and the porous binder fills the intergranular voids, and at the same time not only improves the thermal properties of the material, but also strengthens it.

**Keywords:** Microwave radiation; modification, liquid glass thermal insulation materials; volumetric expansion; operational properties.

Стаття надіслана: 20.02.2023

© Рymar Т.Е.



УДК 556.06+551.49

**QUALITY FORMATION OF THE SURFACE WATERS WITHIN LUTSK  
ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД У МЕЖАХ ЛУЦЬКА****Mykovets I.Ya / Мисквець І.Я.***c.g.s., as.prof. / к.г.н., доц.*

ORCID: 0000-0001-9248-4919

**Molchak Ya.O. / Мольчак Я.О.***c.t.s., as.prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0001-5753-8352

*Lutsk National Technical University, Lutsk, Lvivska 75, 43018**Луцький національний технічний університет, Луцьк, Львівська, 75, 43018*

**Анотація.** В роботі проаналізовано екологічний стан поверхневих вод м.Луцька та їх використання, виділено основні причини погіршення їх стану. Здійснений аналіз природного й антропогенного впливу на процес формування якості поверхневих вод басейну р.Стир в межах м.Луцька. Запропоновано декілька заходів для покращання стану водних об'єктів в м.Луцьку і подальшого раціонального використання малих річок. Виконана екологічна оцінка вод за класами якості. Представлено пропозиції щодо покращення якості поверхневих вод, що в свою чергу послужить сучасним підґрунтям для подальших їх досліджень.

**Ключові слова:** річкова екосистема, довкілля, водні об'єкти, антропогенні чинники, природно-ресурсний потенціал, поверхневі води.

**Вступ.** Внаслідок посиленого використання людьми водних ресурсів проходять зміни в гідросфері. Кінець ХХ та початок ХХІ століть відзначається катастрофами, що певною мірою поєднано із поверхневими водами. Більша частина річок є тими басейнами, куди скидаються промислові, сільськогосподарські й господарсько-побутові стоки, а не тільки осередком водопостачання. Це призводить до поширення кишкових хвороб, погіршення показників питної води, біопродуктивності та самоочисної їх здатності. Ось чому найголовніша проблема у безліч країн світу – це чиста вода. Якість води в сучасних умовах має першочергове значення. Діяльність людини спричинила антропогенну трансформацію багатьох річок та каналів, водосховищ і ставків. Це призвело до зниження річкового стоку та погіршення показників. Оцінка поверхневих вод, маючи багаторічну історію, встановлює характер і ступінь їх забруднення, який пов'язаний із антропогенним навантаженням. Тому тема роботи є актуальною.

**Матеріали та методи експериментів:** карта міста Луцька; карта ґрунтів м. Луцька; фотознімки Стиру, Сапалаївки, Жидувки та Омеляник; Схема функціонального використання території м. Луцька; карта поверхневих вод; потенціал самоочищення річок, ґрунтів та атмосфери території м. Луцька; карта підземних вод м. Луцька; карта екологічної ситуації водозаборів м. Луцька. Найпоширенішими методами дослідження були аналіз і синтез, кореляція і регресія, узагальнення і порівняння, математична статистика, методи гідрологічної аналогії, ландшафтно-екологічних характеристик території. Інформаційна база - це статистичні дані, надані у вільний доступ інститутом «Волиньводпроект», управлінням статистики, екологічні паспорти річок, монографії, інтернет.



**Вивченість проблеми.** Мікробіологічним станом питної води займався С. Яковлев (1991). Він запропонував розраховувати індекс питної води за групою показників. Розробка концепції екологічної класифікації якості поверхневих вод належить Й. Грибу (1991). Методика оцінки стану річкових басейнів із водогосподарських позицій розроблена А. Яциком (1992). Проблемами забруднення поверхневих вод області займалися М. М. Ганущак [1], В.І. Гопчак [2], В. К. Хільчевський [3], М. Р. Забокрицька [3], Я.О. Мольчак [4], І. Я. Мисковець [6], С. Г. Панькевич [5] та інші. Показники якості поверхневих вод м. Луцька є екологічно напруженими. Значна кількість середніх та великих підприємств, які екологічно небезпечні, значна урбанізованість території і застаріла природоохоронна інфраструктура створюють особливо гостру водоохоронну проблему.

Гідрохімічний склад вод є базовою характеристикою для формування явлень про екологічну ситуацію у водній масі. Для планування навантажень на водойми та ліквідації проблем їх можливої деградації, необхідно мати уявлення про спрямованість змін у їх гідрохімічному складі в часі та просторі.

Розвиток промисловості й збільшення міського населення негативно впливають на поверхневі води. Водовідведення міста відбуваються далеко не безслідно для поверхневих вод. Будь-яка система водовідведення має негативні наслідки, що обумовлюють її екологічну небезпечність. Особливо це має відношення до відбору води з поверхневих вод, а також їх скиди. Здебільшого, забруднення водойм відбувається через викиди підприємств місцевої промисловості, в яких очисні споруди в незадовільному стані та низька ефективність технологічних процесів очищення. Зокрема, основними забруднювачами річок виступають цукровий завод та підприємства харчової промисловості.

Разом з тим зростання промисловості пов'язане з асфальтуванням території спричинює зміни формування стоку.

Безпосередньо річки використовуються у господарській діяльності населення. Зокрема, для водопостачання, для рекреаційних цілей та у рибному господарстві. Таке інтенсивне використання води річок веде до екологічних проблем, зокрема, до зниження водності річки, заростання її берегів і, як наслідок, зникнення водотоку. Вищезазначене становить практичний інтерес. Тому ці питання на сучасному етапі особливо актуальні.

### **Результати та їх аналіз.**

Урбанізація території значно впливає на екостан поверхневих вод. Господарська діяльність впливає на режим річок. Місто є найбільшим забруднювачем басейнів річок тому, що в ньому концентрується найбільше промислових підприємств. Гідрологічна роль міста полягає, головним чином, у тому, що територія характеризується екстремальним станом водопроникності поверхні. В місті вона є значно меншою, ніж у природних ґрунтів. З цієї причини поверхневий стік у місті є великим, а підземний стік – незначним. Разом з тим місто Луцьк є джерелом забруднення поверхневих вод. Забруднення надходять у складі каналізаційних стоків, які навіть після очищення, містять шкідливі речовини.



Недостатньо очищені стоки, а також змив із сільськогосподарських земель в р. Стир призвели до підвищення амонійного азоту (до 4,1 мг/л), нафтопродуктів (до 0,16 мг/л), зростання вмісту заліза, хрому, міді. Періодично відбувається забруднення води капролактамом, пестицидами і отрутохімікатами [2].

Джерелами забруднення водойм є:

- звалище побутових відходів (вул. Клима Савура);
- каналізаційний колодязь «Луцькводоканалу» в районі вулиці Задворецька – пр.Волі;
- труби невідомого походження в парку (нафтопродукти);
- очисні споруди дощового стоку Луцького автозаводу
- сміттєзбірники гуртожитків Луцького автозаводу (аміак);
- каналізаційний колодязь пивзаводу (завислі речовини СПАР, аміак);
- смітники та стоки з приватного сектору (аміак, завислі речовини);
- обласна ветлабораторія (хімічні речовини, завислі речовини).

Антропогенним навантаженням на річкові басейни міста є збільшення поверхневого (дощового і снігового) стоку. В Луцьку, протягом останніх років, цей об'єм перевищував об'єм централізованого водовідведення. З поверхонь міста антропогенно збільшений поверхневий стік змиває у водойми забруднюючі речовини. Поверхневий стік з території міста змінює показники якості поверхневих вод. Порівняння поверхневого стоку і водовідведення показує, що стік за добу у р. Стир з території міста вже при середній максимальній сумі опадів перевищує у 6–11 разів. З поверхневим стоком у річки м. Луцька виносяться забруднюючі речовини, за рахунок яких частково формується забруднення їх вод. Більше забруднень надходить із дощовим стоком, менше – із талим сніговим. Встановлено, що на частку снігових і дощових вод, у цілому за рік, припадає від 5 до 20 % [6].

### **Поверхневі води та підземні води**

Річкова мережа є індикатором екологічного стану, відтворюючи характерні ознаки вологообігу, річкового стоку та його складу. Гідрографічну сітку Луцька (рис.1), безпосередньо, формує річка Стир, яка слугує певною віссю міста. До головної річки впадає р. Сапалаївка, р. Омеляник та р. Жидувка, а на південних околицях Стиру – р. Черногузка.

Слід відзначити, що різні аспекти гідрографії міста Луцька висвітлювалися у роботах В.О.Фесюка [4], Я.О. Мольчака [5], М.М. Ганущак [1] і ін.

**Стир** – річка, яка є правим допливом р. Прип'ять. Довжина р. Стир 494 км. У межах м. Луцька довжина 11,2 км. Долина, переважно, добре виражена, трапецеподібної форми заплавного типу. Заплава двостороння, у межах Волинської височини суха та вузька, на Поліській низовині – широка, часто заболочена [1]. Русло доволі звивисте, характерні численні стариці та меандри, шириною 2–10 м. Глибини на плесах змінюються від 0,4 до 0,6, на перекатах – від 0,1 до 0,3 м. Швидкості течії в межень становлять 0,2–0,5, збільшуючись під час паводків до 1,1–2,5 м/с. У живленні річки приймають участь вапняки та мергелеві-крейдянні відкладення верхньокрейдяної та третинної систем. Це обумовлює гідрокарбонатно-кальцієвий склад. Вода в річці безбарвна, прозора.





У межах обласного центру – м. Луцьк, до головної річки басейну впадає р. Сапалаївка, р. Омеляник та р. Жидувка, а на його південних околицях – р. Черногузка [3]. Слід зазначити, що унаслідок проведення осушувальних меліоративних робіт на території водозбору річки споруджена велика кількість магістральних каналів, а також на канали перетворено окремі малі річки та струмки.

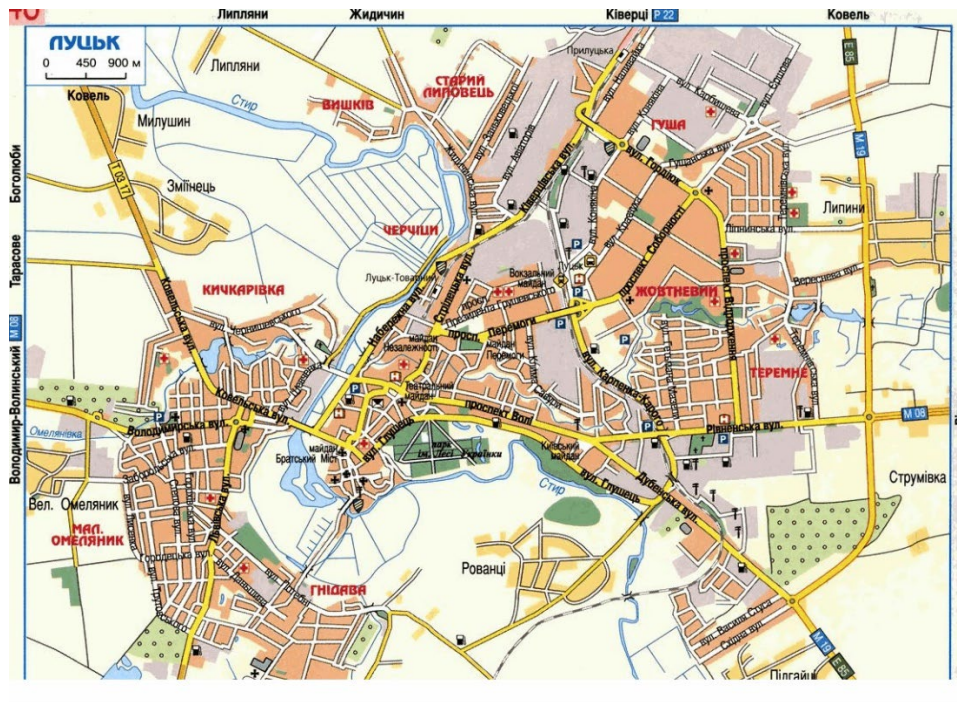


Рис.1.Карта м. Луцька

**Річка Черногузка** є найкрупнішим правобережним допливом р. Стир, впадає в нього на відстані 320 км від гирла. Хоча течія Черногузки через територію міста не протікає, проте погіршення стану річки зумовлене саме впливом урбанізації. Найбільше забруднюють річку промислові підприємства, зокрема, ВАТ «Гнідавський цукровий завод». Витоки річки знаходяться поблизу с. Линів Локачинської громади. Свої води несе річка у напрямку із заходу на схід. Заплава шириною 0,7 км. Русло меандрує. Його ширина від 2 до 5 м. Схили долини у верхній і нижній частинах річки, де вона виходить на низькі тераси р. Стир, покаті, в середній частині – обривисті. Основний правобережний доплив - р. Полонка.

**Річка Сапаліївка** є правобережним допливом р. Стир, впадає в нього на відстані 302 км від гирла. Виток – у селі Гаразджа. До м. Луцька несе свої води через Теремнівський мікрорайон. На цьому відрізку розташовані Теремнівські ставки. [4]. Довжина річки 12,4 км., у межах Луцька - 8,3 км. Площі водозбору — 39,2 км<sup>2</sup>. Ширина заплави 1 км. Ширина русла 2 м. Долина Сапаліївки місцями заболочена. У Луцьку русло Сапалаївки розчищене, каналізоване. Парково - садові насадження, в межах басейну, не є істотним чинником формування гідрологічного режиму. Внаслідок скиду неочищеного поверхневого стоку з міської території, річка справляє гнітюче враження. Однак в минулому Сапалаївка була досить повноводною річкою.



**Теремнівські ставки** споруджені на р. Сапаліївка (при вул. Теремнівській), зі східної сторони міста Луцька. Площа ставків 5,91 га. Відіграють значну функцію у регуляції гідрологічного режиму річки Сапалаївки. Статус пам'ятки природи місцевого значення «Теремнівські ставки» надано у 1993 році.

**Річка Омеляник** є правобережним допливом р. Стир. Басейн річки Омеляник розміщений в межах с. Великий Омеляник та вулиць Володимирської, Ковельської, Чернишевського, Зарічної. Вливається у р. Стир в зі сторони вул. Шевченка. Довжина русла основної річки 12,5 км, в межах Луцька - 3,5 км. Площі басейну – 40 км<sup>2</sup>. Стік допливу річки зарегульований ставками. Річка використовується для рекреації [2].

**Річка Жидувка** є лівобережним допливом р. Стир. Має довжину 4 км, площі басейну – 9,5 км<sup>2</sup>. Витоки р. Жидувка західніше вул. Львівської, протікає поруч з ВАТ «Підшипниковий завод», перетинаючи вул. Потебні зливається у р. Стир.

Стічні води є джерелом живлення Жидувки, проте її забруднюють. Річка каналізована. Стік слабкий. Влітку може пересихати, взимку – замерзати.

Гнідавський болотний масив гідрологічно з'єднується з р. Стир каналами, що вимагає більш детальних гідрологічних досліджень.

У гідрогеологічному відношенні Луцьк знаходиться у межах Волино-Подільського артезіанського басейну. Водопостачання міста здійснюється із підземних джерел. Вони прісні і мінералізовані. Їх формування обумовлює геологічна будова. Постійні запаси підземних вод, формуючи зони активного водообміну на глибину у межах від 400 до 500 м., зумовлюють кліматичні особливості території (значна кількість опадів, помірні температури повітря, підвищена вологість). Виділяються водоносні горизонти болотних; алювіальних відкладів; верхньочетвертинних солово-делювіальних відкладів та верхньокрейдових відкладів.

Основним водоносним горизонтом в межах Луцька є верхньокрейдові відклади. Залягають на глибині 10-35 м. Водоносність відкладів неоднорідна: дебіти свердловин складають від 0,57 до 6,9 л/с [5]. Тому, для організації централізованого водопостачання верхньо-крейдові відклади є найбільш практичними.

Водопостачання м. Луцька здійснюється із підземних джерел п'яти водозаборів: Дубнівського, Ново-Дубнівського, Східного, Південно – Східного та Омелянівського. Всього налічується 47 свердловин. Свердловини не дуже глибокі: глибина їх коливається від 26 м до 170 м. Найвища мінералізація води на Дубнівському водозаборі (404,7 мг/л), найнижча – на Південно-Східному (349,1 мг/л).

Підземні води забруднюються. Чим вищі фільтраційні властивості порід, тим вища ступінь захисту, які є частинкою багаторічного стоку річок. У басейні р. Стир, у межах м. Луцька, частка підземного стоку становить 49%.

Серед усіх обласних центрів України лише декілька, у т.ч. Луцьк, мають можливість для організації питного водопостачання лише із підземних вод. Інші міста забезпечуються водою з поверхневих вододжерел або мають змішане



забезпечення водою. Тому підземні джерела дуже важливі. Але якість води у поверхневих водах постійно погіршується, внаслідок виснаження й забруднення. Тому проблема збереження поверхневих вод в сталому стані є досить актуальною. Все це створює значну загрозу безпечній та здоровій життєдіяльності людини в сучасному місті, адже дуже багато хвороб населення пов'язані із уживанням води низької якості.

Виснаження водних ресурсів зростає. Рівень використання, який ми маємо в сучасному сьогоденні, давно перейшов допустимі норми, інтенсивність використання та рівень забруднення перешкоджають процесам самовідновлення водоєм, що призводить до деградації водних об'єктів.

Водокористування м. Луцька здійснює неабиякий активізований вплив на рельєф міста. Зокрема, меліоровано заплаву Стиру, закидано русло р. Глушець, в межах заплави, появились горби. Руслу Сапалаївки і Жидувки каналізовані. Руслу Омеляника і Черногузки перегороджено греблями і зарегульовані. Для м. Луцька важливим є стан поверхневих вод.

### **Висновки**

Розвиток промисловості та збільшення автотранспорту негативно впливають на поверхневі води. Антропогенний вплив на поверхневі води, в сучасних умовах, призвів до того, що здатність річок до самоочищення порушена. Великі концентрації шкідливих домішок перешкоджають самоочищенню води і її забруднення прогресує. Це призвело до незворотних змін в екосистемах.

Погіршився природний режим річок, внаслідок збільшення шкідливих речовин, які зумовлені скидами підприємств, розташованих в їх басейнах.

Необхідно побудувати нові і здійснити модернізацію очисних споруд, дотримуючись технологій очищення води.

Охорону і розумне використання водних ресурсів потрібно реалізовувати через моніторинг поверхневих вод та природоохоронні заходи із відновлення річкових екосистем, які будуть сприяти покращенню екологічного стану.

### **Література**

1. Ганущак М. М. Оцінка якості поверхневих вод басейну р. Стир / М. М. Ганущак, Н. А. Тарасюк // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія: Наук.Збірник / Гол. ред. В. К. Хільчевський. – К., 2015. – Т.1(36). – С.110–118.

2. Гопчак І.В. Екологічна оцінка стану поверхневих вод Волинської області та нормування їх якості: Дисер. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук: спец. 11.00.07. „Гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія” / Ірина Гопчак. – К., 2007. – 378 с.

3. Забоклицька М. Р., Хільчевський В. К. Водні об'єкти Луцька: гідрографія, локальний моніторинг, водопостачання та водовідведення // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — 2016. — Т. 3 (42). — С. 64-76)

4. Мольчак Я. О. Луцьк: сучасний екологічний стан та проблеми / Я. О. Мольчак, В. О. Фесюк, О. Ф. Картава. – Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2003. – 488 с. ]

5. Мольчак Я.О., Панькевич С.Г. Географічні умови формування якості



поверхневих вод ( На прикладі Волинської області).- Луцьк: РВВ ЛНТУю 2011.-204 с.

6. Мисковець І.Я., Екологічні наслідки антропогенних змін хімічного складу вод Волині // Екологічні проблеми довкілля та шляхи їх вирішення: статті / І.Я. Мисковець, М.Д Будз, Я.О.Мольчак. – Полтава , 2012. – С. 14-16.

#### References.

1. Hanushchak M.M., Tarasiuk N.A. (2015) Otsinka yakosti poverkhnevyykh vod baseynu r. Styr [Assessment of the surface water quality of Styr river basin]. Hydrology, hydrochemistry, hydroecology: Scientific collection / Ch. ed. V. K. Khilchevskiy. - K., issue (36), Lutsk: LNTU, pp.110–118.

2. Нопчак І.В. (2007) Екологічна оцінка стану поверхневих вод Волинської області та нормування їх якості [Ecological assessment of the state of surface waters of the Volyn region and regulation of their quality]. Thesis for a Scientific Degree of the Candidate of Geographical Sciences, specialty 11.00.07. "Landland hydrology, water resources, hydrochemistry", Kyiv: NUWEE, p.378.

3. Zabokrytska M.R., Khilchevsky V.K. (2016) Vodni obyekty Lutsk: hidrohafiya, lokalnyy monitorynh, vodopostachannya ta vodovidvedennya [Water bodies of Lutsk: hydrography, local monitoring, water supply and water disposal. Hydrology, hydrochemistry and hydroecology], issue 3(42), Kyiv, pp.64-76.

4. Molchak Ya. O., Fesyuk V. O., Kartava O. F. (2003) Lutsk: suchasnyy ekolohichnyy stan ta problem [Lutsk: modern ecological condition and problems]. Lutsk: LVV LDTU, p. 488.

5. Molchak Ya.O., Pankevych S.G. (2011) Heohrafichni umovy formuvannya yakosti poverkhnevyykh vod (Na prykladi Volyns'koyi oblasti) [Geographical conditions of formation of surface water quality (On the example of Volyn region)]. Lutsk: RVV LNTU, p.204.

6. Myskovets I.Ya., Buds M.D., Molchak Ya.O. (2012) Ekolohichni naslidky antropohennykh zmin khimichnoho skladu vod Volyni [Ecological consequences of anthropogenic changes in the chemical composition of waters of Volyn region]. Poltava, pp.14-16.

***Abstract.** The paper analyzes the ecological state of surface waters of the Lutsk town and its usage. The article highlights the main reasons for their deterioration. An analysis of the natural and anthropogenic influence on the process of formation of surface water quality in the basin of Styr river within Lutsk town was carried out. Several measures were proposed to improve water condition in Lutsk town and further rational use of small rivers. An ecological assessment of waters by quality classes has been carried out. Proposals for improving the quality of surface waters are presented, which in turn will serve as a modern basis for their further research.*

***Key words:** river ecosystem, environment, water bodies, anthropogenic factors, natural resource potential, surface water.*



УДК 666.961

**THE DANGER OF ASBESTOS AFTER THE BAN OF ITS USE  
НЕБЕЗПЕКА АЗБЕСТУ ПІСЛЯ ЗАБОРОНИ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ**

Peretiaka S.M. / Перетяка С.М.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0003-4058-4525

Odessa National Maritime University, Odessa, Mechnikova 34, 65029

Одеський національний морський університет, м. Одеса, Мечникова 34, 65029

**Анотація.** В роботі розглядається проблема небезпеки азбестовмісних матеріалів в Україні після їх заборони. Азбест дійсно екстраординарний матеріал, який володіє унікальними властивостями: корозостійкість, діелектрик, довговічність, термостійкість, малий коефіцієнт температурного подовження, є негорючим матеріалом, не пошкоджуються гризунами та головна перевага – мінімальна вартість. Однак, вся привабливість цього матеріалу руйнується наступним – за інформацією Всесвітньої організації охорони здоров'я у всьому світі орієнтовно 100 000 людей вмирає щорічно від захворювань, викликаних дією азбесту. Онкологічні захворювання становлять загрозу не тільки для працівників, які зайняті на виготовленні виробів з азбесту, а і для громадян, які їх використовують. Заборона використання азбесту в Україні має, безумовно, прогресивне значення, з точки зору здоров'я населення. Однак, проблема негативного впливу азбесту залишиться на роки.

**Ключові слова:** азбест, будівельні матеріали, безпека, професійні захворювання, законодавство, канцероген.

**Вступ**

За час збройної агресії з боку північного сусіда, в Україні було зруйновано безліч житлової та нежитлової нерухомості. За оцінками аналітиків Київської школи економіки в нашій країні, на кінець 2022 року, вже близько 144 тисячі зруйнованих внаслідок воєнних дій будинків [1]. Відбудова України після закінчення воєнного стану, зрозуміло, буде передбачати будівництво приміщень різного призначення, в першу чергу житла. І тут з'являється можливість позбутися такого шкідливого матеріалу, як азбест у новобудовах.

Історія поширеного застосовування азбесту починається з 1901 року, коли Людвіг Гатчек отримав патент на свій винахід про спосіб створення азбестоцементних плит. Азбест в Україні застосовують в будівництві, хімічній промисловості, ракето- та машинобудуванні. Громадяни України стикаються з ним у наступних виробках: шифер, азбестоцементні листи (теплоізоляція приміщень, як в промисловості, так і в приватних будівлях), азбестові труби (водопостачання, каналізація, кабельні мережі, димоходи), азбестові тканини (теплозахисний спецодяг, рукавиці та шоломи), гальмівні стрічки, трансмісійні й приводні ремені, диски зчеплення, ущільнювальні прокладки і набивання для теплових двигунів, спеціальний картон (захисний теплоізоляційний матеріал) та безліч інших виробів. Це дійсно унікальний мінерал.

Азбестові волокна поділяються на дві основні групи силікатів: хризотил та амфіболи. Найбільші родовища азбесту розташовані: Канада (хризотил), ПАР (амфіболи, хризотил), Росія (хризотил), Казахстан (хризотил), Китай (хризотил), США (хризотил, амфіболи), Бразилія (хризотил), Зімбабве



(хризотил), Італія (амфіболи, хризотил), Франція (амфіболи), Фінляндія (амфіболи), Японія (хризотил, амфіболи), Австралія (амфіболи, хризотил), Кіпр (хризотил).

### Основний текст

Популярність виробів з азбесту в безлічі сфер пояснюється наявністю у них значних переваг. А саме: стійкість до корозії, діелектрик, довговічність, азбестова тканина витримує температуру до 1500 °С, низький коефіцієнт температурного подовження, є негорючим матеріалом, не пошкоджуються щурами при експлуатації та головна перевага для усіх країн з бідним населенням – мінімальна вартість.

Однак, вся привабливість цього матеріалу руйнується його небезпекою для людини. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) доводить, що у світі приблизно 100 000 людей вмирає щорічно від захворювань, викликаних дією азбесту [2]. Як свідчать наукові дослідження використання азбесту та продукції, в якій він міститься, може спричиняти професійні захворювання на рак гортані, бронхів і легенів, на рак яєчника, а також на злоякісну мезотеліому плеври, очеревини, перикарда. У працівників видобувних та переробних підприємств цієї галузі, вірогідність виникнення пухлин у декілька разів більше, ніж у переважної більшості населення [3-6]. На підставі результатів досліджень Міжнародне агентство з вивчення раку при ВООЗ занесло азбест до першої, найбільш небезпечної категорії сполук зі списку речовин-канцерогенів, для яких існують відомості про їх шкідливість для людини.

На цій підставі розвинуті країни почали забороняти використання азбесту:

- уряд Канади прийняв Положення про заборону азбесту та продуктів, що містять азбест (2018), однак у деяких галузях використання азбесту можливе до 2029 року;
- в країнах Європейського Союзу діє заборона на використання азбесту та виробів з нього з 1 січня 2005 року;
- в Південно-Африканській Республіці діє повна заборона на видобування цього матеріалу;
- повністю використання азбесту було заборонено в Японії в 2002 році, ввезення будь-якого матеріалу з вмістом азбесту більшим ніж 0,1 % в Японію заборонене;
- Бразилія оголосила про заборону на азбест у 2017 році;
- у Австралії видобування азбесту припинилося у 1983 році, а з 2004 діє повна заборона на азбест;
- уряд Сполучених Штатів не заборонив азбест, однак припинив в 2002 році видобуток; використання в промисловості було значно скорочено.

В результаті цих заборон і обмежень виробництво цього матеріалу постійно скорочується. У 2007 році у світі добували 2,2 млн тонн азбесту, то у 2020 році – 1,2 млн тонн [7]. Останніми світовими лідерами з виробництва азбесту залишились Росія, Китай, Казахстан, які мають найбільші родовища хризотилу. Підозрювати уряди цих країн, що вони занадто піклуються про здоров'я свого населення не варто, високий попит на недорогі вироби з азбесту



є основною мотивацією, яка протидіє забороні. У 1999 році Росія заборонила лише амфіболовий вид азбесту (на території є одне незначне родовище з сировиною низької якості). Сьогодні ця країна постачає від 60-75% всього азбесту (хризотил), що використовується у світі. В яких країнах купують вироби з азбесту? Це Росія, Киргизія, Казахстан, Китай, Індія, Індонезія, В'єтнам, Таїланд та Україна. Основна спільна риса цих країн наявність нужденного населення, яке активно купує цей ризикований будівельний матеріал, що коштує дешевше, ніж безпечні для здоров'я аналоги.

В Україні до війни було 7 підприємств, які виготовляли вироби з використанням азбесту, де працювало близько 4 тисяч осіб. Сировину ці підприємства імпортували з Російської Федерації (64,5%) та Казахстану (35,5%). Населення стикається з азбестом на кожному кроці, зрозуміло, що таке розповсюдження цього матеріалу не покращує здоров'я громадян країни де найменша тривалість життя у Європі.

З 2005 року Україна намагається рухатись у бік європейських країн з їх гуманним ставленням до здоров'я та життя людини. Країна просувається у кільватері країн ЄС, однак на значній відстані.

Вітчизняні законодавці під впливом змін у світі, що відбулися відносно ставлення до азбесту теж спробували провести співзвучні зміни. Хроніка подій наступна:

- 10-12 березня 2010 року Україна підписала Пармську Декларацію на V Конференції Міністрів з питань охорони здоров'я та охорони навколишнього середовища, де взяла на себе зобов'язання розробити національний план дій по ліквідації пов'язаних з азбестом захворювань до 2015 року;
- 2 липня 2012 року Постанова головного державного санітарного лікаря України №16 – було затверджує гранично допустимі концентрації (ГДК) волокон хризотилового азбесту у повітрі робочої зони – 1 волокно/см<sup>3</sup>, 1 клас небезпечності, канцероген (європейський норматив ГДК волокон хризотилового азбесту у повітрі робочої зони – 0,1 волокно/см<sup>3</sup> в 10 разів жорсткіший за український – 1,0 волокно/см<sup>3</sup>);
- 01 жовтня 2012 року Наказом Міністерства охорони здоров'я України № 762 затверджено Державні санітарні норми та правила «Про безпеку і захист працівників від шкідливого впливу азбесту і азбестовмісних матеріалів»;
- 29 березня 2017 року наказ МОЗ України № 339 «Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Про безпеку та захист робітників від шкідливого впливу азбесту та азбестовмісних матеріалів», який забороняє виробництво та використання всіх видів азбесту при виконанні будівельно-монтажних робіт;
- 11 вересня 2017 року наказ Міністерства юстиції України від № 2859/5 «Про скасування рішення про державну реєстрацію нормативно-правового акту», а саме наказу Міністерства охорони здоров'я України від 29 березня 2017 року № 339 «Про затвердження Державних санітарних норм і правил



- «Про безпеку і захист працівників від шкідливого впливу азбесту та матеріалів і виробів, що містять азбест»»;
- 27 березня 2019 року Касаційний адміністративний суд відмовив у касаційних скаргах Міністерству охорони здоров'я України про визнання протиправними дій відносно скасування наказу 29 березня 2017 року № 339 «Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Про безпеку і захист працівників від шкідливого впливу азбесту та матеріалів і виробів, що містять азбест»»
  - 4 лютого 2021 року депутати проголосували в першому читанні законопроект № 4142 «Про систему громадського здоров'я», в якому статтею 28 передбачається встановити заборону виробництва і використання азбесту незалежно від виду, а також азбестовмісних виробів і матеріалів.
  - 6 вересня 2022 року Верховна рада України розглянула у другому читанні та прийняла в цілому Закон України «Про систему громадського здоров'я».

Однак, казати про перемогу над азбестом занадто рано. Виникають питання про заміну й утилізацію виробів з азбесту. Наприклад, близько 60% покрівельного фонду України складають покрівлі з шиферу, а це – понад мільярд квадратних метрів покрівлі. Виникає серія питань, яка може зруйнувати усі очікування від заборони шкідливого матеріалу: як довести власнику будинку, що його дах потребує заміни, хто буде фінансувати демонтаж і придбання нового матеріалу для покрівлі, де й яким чином буде проводитися утилізація демонтованого шиферу. Зараз, у період війни, цю проблему не вирішити. Крім того, і у мирні часи спостерігалася практика застосування поломаного шиферу для засипки ґрунтових доріг, а у період війни ця практика може лише поширюватися. Цьому буде сприяти безліч зруйнованого шиферу у результаті обстрілів з одного боку і необхідність швидкого ремонту доріг з іншого. Трощення його автомобілями і пішоходами призведе до розпорошення канцерогенної речовини з нього у повітрі і саме неприйнятне у зоні дихання людини.

На жаль, система утилізації сміття в нашій країні розвинена слабо. В Європі старий шифер утилізується на спеціалізованих складах промислових відходів. В Україні такої практики немає.

### **Висновки**

Заборона використання азбестовмісних виробів – це потужний крок у забезпеченні благополуччя населення України. Але це тільки перший крок. Виникає необхідність у системному підході у вирішенні проблеми азбесту. Якщо з новобудовами більш-менш очевидно – немає на ринку будматеріалів традиційного шиферу, не буде його на даху. Що робити з шифером, який вже є? Потрібна державна програма, яка дасть відповіді на наступні питання:

- створення переліку азбестових виробів і місць їх розташування;
- джерела фінансування видалення азбестовмісних виробів;
- спосіб транспортування і місця утилізація демонтованих виробів;





- контроль за порушенням заборони на використання подібних виробів у майбутньому;
- інформування населення про шкоду таких виробів.

Необхідні нові і гнучкі фінансові механізми підтримки громад та приватних осіб, які заохочують їх до видалення матеріалів з азбесту, організація навчання для підвищення обізнаності як органів місцевого самоврядування, так і пересічних громадян України.

### Література:

1. <https://eco.rayon.in.ua/news/562133-rosiya-zruynuvala-v-ukraini-mazhe-144-tisyachi-budinkiv>.
2. Furuya S, Chimed-Ochir O, Takahashi K, David A, Takala J. Global asbestos disaster. Int J Environ Res Public Health. (2018);15(5):1000. 10.3390/ijerph15051000 -DOI-PMC-PubMed.
3. Ходжсон Дж.Т., Дарнтон А. Кількісні ризики мезотеліоми та раку легенів у зв'язку з впливом азбесту . Ann Occup Hyg 2000; 44 : 565-601. [ PubMed ] [ Google Scholar ].
4. Гіббс Г.В., Беррі Г. Мезотеліома і азбест . Regul Toxicol Pharmacol 2008; 52 : S223-31. [ PubMed ] [ Google Scholar ].
5. Бернштейн Д.М. Ризик для здоров'я хризотил-азбесту . Curr Opin Pulm Med 2014; 20 :366-70. [ PubMed ] [Google Scholar].
6. Тарасов В. Ю., Захарова О.І., Зубцов Є.І., Заїка Р.Г. (2018) Азбест. Стан проблеми в Україні. Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля № 7 (248), 88-91.
7. <https://majbutne.com.ua/?p=28114>

### References:

1. <https://eco.rayon.in.ua/news/562133-rosiya-zruynuvala-v-ukraini-mazhe-144-tisyachi-budinkiv>.
2. Furuya S, Chimed-Ochir O, Takahashi K, David A, Takala J. Global asbestos disaster. Int J Environ Res Public Health. 2018;15(5):1000. 10.3390/ijerph15051000 -DOI-PMC-PubMed.
3. Khodzhson Dzh.T., Darnton A. Kil'kisni ryzyky mezoteliomy ta raku leheniv u zv'yazku z vplyvom azbestu . Ann Occup Hyg 2000; 44 : 565-601. [ PubMed ] [ Google Scholar ].
4. Hibbs H.V., Berri H. Mezotelioma i azbest . Regul Toxicol Pharmacol 2008; 52 : S223-31. [ PubMed ] [ Google Scholar ].
5. Smit AH, Rayt CC. Khryzotylovyu azbest ye osnovnoyu prychynoyu mezoteliomy plevry . Am J Ind Med 1996; 30 :252-66. [ PubMed ] [ Google Scholar].
6. Bernshteyn D.M. Ryzyk dlya zdorov'ya khryzotyl-azbestu . Curr Opin Pulm Med 2014; 20 :366-70. [ PubMed ] [Google Scholar].
7. Tarasov V. YU., Zakharova O.I., Zubtsov YE.I., Zaika R.H. (2018) Azbest. Stan problemy v Ukrayini. Visnyk skhidnoukrayins'koho natsional'noho universytetu imeni Volodymyra Dalya № 7 (248), 88-91.
8. <https://majbutne.com.ua/?p=28114>

**Abstract.** The paper examines the problem of the danger of asbestos-containing materials in Ukraine after their ban. Asbestos is a truly extraordinary material that has unique properties: corrosion resistance, dielectric, durability, heat resistance, low coefficient of thermal elongation, is a non-combustible material, is not damaged by rodents and the main advantage is minimal cost.



*However, all the attractiveness of this material is destroyed by the following - according to the World Health Organization, approximately 100,000 people worldwide die annually from diseases caused by asbestos exposure. Oncological diseases pose a threat not only to workers who are engaged in the manufacture of asbestos products, but also to citizens who use them. The ban on the use of asbestos in Ukraine is certainly progressive in terms of public health. However, the problem of the negative impact of asbestos will remain for years.*

**Key words:** *asbestos, building materials, safety, occupational diseases, legislation, carcinogen.*

Статья отправлена: 17.02.2023 г.

© Перетяка С.М.



УДК 616.12 078.341.1 082 084

## NEPHROGENIC ARTERIAL HYPERTENSION IN PATIENTS WITH CHRONIC KIDNEY DISEASE I-II DEGREE WITH CHRONIC PYELONEPHRITIS

### НЕФРОГЕННА АРТЕРІАЛЬНА ГІПЕРТЕНЗІЯ У ХВОРИХ НА ХРОНІЧНУ ХВОРОБУ НИРОК І-ІІ СТУПЕНЯ З ХРОНІЧНИМ ПІЄЛОНЕФРИТОМ

Chernylovskiy A. / Черниловський А. В.

ORCID: 0000-0003-3544-6291

Асистент кафедри сімейної медицини ФПО та пропедевтики внутрішньої медицини

Dnipro State Medical University /

Дніпровський державний медичний університет, вул. В.Вернадського, 9

Vysotska D. / Висоцька Д.Д.

Communal Non-Commercial Enterprise Dnipro City Clinical Hospital No. 4 DCC /

Лікар нефрологічного відділення КНП Дніпровська міська клінічна лікарня №4 ДМР,

вул. Ближня, 31

Mykhailova D. / Михайлова Д.А.

Communal Non-Commercial Enterprise Dnipro City Clinical Hospital No. 4 DCC /

Лікар нефрологічного відділення КНП Дніпровська міська клінічна лікарня №4 ДМР,

вул. Ближня, 31

Turenko O. / Туренко О. А.

Communal Non-Commercial Enterprise Dnipro City Clinical Hospital No. 4 DCC /

Завідувач нефрологічного відділення КНП Дніпровська міська клінічна лікарня №4 ДМР,

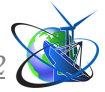
вул. Ближня, 31

**Резюме.** Нефрогенна артеріальна гіпертензія (НАГ) – одна з найпоширеніших та характерних ознак первинних та вторинних захворювань нирок, обумовлена органічними захворюваннями нирок або ниркових судин. НАГ посідають одне з перших місць серед симптоматичних артеріальних гіпертензій і зустрічаються у 6 – 20 % хворих з підвищеним артеріальним тиском (АТ).

В залежності від рівня зростання АТ Міжнародне товариство гіпертензії, 2020) рекомендує рубрикації рівнів підвищення АТ та артеріальної гіпертензії (табл 1).

**Таблиця 1 - Класифікація АТ (Міжнародне товариство гіпертензії, 2020).**

Категорія	Рівні АТ, мм рт. ст.	
	САТ	ДАТ
Нормальний АТ	<130	<85
Високо нормальний АТ	130–139	85–89
АГ I ступеня	140–159	90–99
АГ II ступеня	≥160	≥100
<b>Критерії АГ</b>		
Офісний АТ		≥140 і/або ≥90 мм рт. ст.
Амбулаторний контроль АТ (АКАТ)	24-годинне середнє значення	≥130 і/або ≥80 мм рт. ст.
	Денне середнє значення	≥135 і/або ≥85 мм рт. ст.
	Нічний час/сон	сон ≥120 і/або ≥70 мм рт. ст.
Самоконтроль АТ (СКАТ)		≥135 і/або ≥85 мм рт. ст.



В останнє десятиріччя зростає частота НАГ, як варіанту АГ, що пояснюється насамперед удосконаленням діагностики [1,2]. НАГ спостерігають за наявності практично всіх захворювань, що супроводжуються втягненням у процес паренхіми нирок. До ренопаренхімних належить від 5 – 15% усіх ниркових артеріальних гіпертензій. Найчастіше НАГ виникає у хворих на хронічний пієлонефрит (ХП) – 50-60%, хронічний гломерулонефрит (ХГН)-50-70%, діабетичну хворобу нирок 30-60 % [2,4]. ХП супроводжується розвитком артеріальної гіпертензії у 50- 60 % хворих. Дуже часто різні прояви НАГ можуть бути першими проявами захворювання нирок. [3,5]. При диференціації з гіпертонічною хворобою слід ретельно проаналізувати час виникнення сечового синдрому і першого підвищення АТ.

Інфекції сечових шляхів і нирок (ІСШН) є найчисельнішою групою в структурі захворювань нирок та посідають третє місце серед інфекцій організму людини загалом. Визначають такі ІСШН: безсимптомна бактеріурія, інфекції нижніх (уретральний синдром, цистит, простатоцистит) та верхніх сечових шляхів (пієлонефрит первинний та вторинний, карбункул нирки, то що). [6]. Пієлонефрит (ПН) відноситься до інфекції верхніх сечових шляхів, та документується на підставі екстраренальних симптомів - фебрильна температура тіла, інтоксикація, болі в області живота або попереку, нейтрофільний лейкоцитоз, збільшення ШОЕ і ренальних ознак - бактеріурії, нейтрофільної лейкоцитурії, мікропротеїнурії, рН>6,5, позитивного тесту на нітрити, лейкоцитів, а також наявності після сьомого дня хвороби бактерій, що покриті антитілами (БПА). При супутній інфекції нижніх сечових шляхів нерідко спостерігається дизурія та болючі сечовипускання.

Фактори ризику, пов'язані з прогресуванням хронічної хвороби нирок (ХХН): прогресування хвороби нирок: серцево-судинні захворювання, протеїнурія, гостре ураження нирок, НАГ, цукровий діабет, паління, постійне вживання нестероїдних протизапальних препаратів (НПЗП), неліковані обструкції сечового тракту. У хворих із ХХН системне вживання НПЗП може спричинити її прогресування, а ситуативне використання НПЗП — зворотне зниження швидкості клубочкової фільтрації (ШКФ). [9].

Хронічний ПН трактується як "хронічний (вторинний) пієлонефрит" із уточнення характеру процесу (рецидив, загострення або ремісія). Формулювання діагнозу ХП містить лише ті характеристики, що мають місце у хворого.

**Мета:** У пацієнтів з хронічним пієлонефритом, на хронічну хворобу нирок І-ІІ ступеня без хронічної ниркової недостатності дослідити вплив контролю артеріального тиску на перебіг основного захворювання.

**Ключові слова:** артеріальна гіпертензія, хронічна хвороба нирок, ураження нирок

### **Матеріали та методи дослідження.**

На базі нефрологічного відділення КНП Дніпровська міська клінічна лікарня №4 ДМР м. Дніпро було обстежено 60 хворих (основної групи) на хронічний пієлонефрит з хронічною хворобою нирок (ХХН) І-ІІ ступеня без хронічної ниркової недостатності (ХНН) та 25 пацієнтів групи порівняння з аналогічним діагнозом які відрізнялись станом контролю підвищеного АТ. Вік хворих коливався від 30 до 55 років (середній вік 45,3 роки). Усі пацієнти були госпіталізовані, обстежені та лікувались згідно клінічної настанови 00226 Міжнародні клінічні протоколи Duodecim Medical Publications Ltd (2017).

Підвищення АТ у пацієнтів основної групи було визначено вже після верифікації клінічного діагнозу ХП: загальний аналіз крові та сечі, аналіз сечі за Нечипоренком, добова протеїнурія, біохімічний аналіз крові (сечовина крові, азот сечовини, креатинін крові, електроліти (калій, натрій, загальний білок та білкові фракції та ін.), ШКФ. Пацієнти, основної групи та групи порівняння за рівнем АТ були розподілені на 3 групи див. табл 2.

Критерії включення до основної групи згідно настанови МОЗ України є:



наявність ХХН I-II ступеня без ХНН, наявність НАГ, ХП в стадії загострення. Пацієнти основної групи за рівнем АТ були розподілені на 3 групи див (табл 2)

Група порівняння хворих на ХХН I-II ступеня та ХП без ХНН, відрізнялись відсутністю базового лікування НАГ отримували різноманітну терапію ІАПФ або БКК, що склало лише 12% усіх хворих цієї групи.

**Таблиця 2 - Розподілення пацієнтів основної групи та порівняння за рівнем АТ у відповідності до рекомендацій МТГ, 2020 р**

	Високо нормальний АТ	АГ I ступеня	АГ II ступеня
Основна група (60 хворих)	n= 20 хворих 33%	n= 32 хворих 53%	n= 8 хворих 14%
Група порівняння (25 хворих)	n= 4 хворих 16%	n= 9 хворих 36%	n= 12 хворих 48%

**Результати та їх обговорення.** Через 4 тижні після початку лікування у хворих, основної групи, було відмічена покращення їх стану, а також клініко-лабораторних показників (підвищення гемоглобіну крові, зниження температури тіла, нормалізація загального аналізу сечі, зниження ШКФ, то що). Також була зафіксована динаміка зниження АТ. Згідно клінічної настанова 00226 МОЗ України основними критеріями для виписки з стаціонару була клініко-лабораторна ремісія, а також нормалізація АТ. Це можна обґрунтувати тим, що була підібрана адекватна антигіпертензивна терапія, яка включала в себе лікування ІАПФ та БКК з індивідуально підібраними терапевтичними дозами. Також було проведено лікування загострення ХП. Зміни АТ в основній групі з групою порівняння до та після лікування через 4 тижні на прикінці лікування представлені в (табл 3)

**Таблиця 3. - Зміни АТ в основній групі з групою порівняння до та після лікування**

Високо нормальний АТ				АГ I ступеня				АГ II ступеня			
Основна група		Група порівняння		Основна група		Група порівняння		Основна група		Група порівняння	
до	після	до	після	до	після	до	після	до	після	до	після
20 хв	25 хв	4 хв	7 хв	32 хв	31 хв	9 хв	10 хв	8 хв	4 хв	12 хв	8 хв
33 %	44 %	16 %	28 %	53 %	51 %	36 %	40 %	14 %	5 %	48 %	32 %

Так на кінець лікування кількість хворих основної групи високо нормальним АТ збільшилося на 11 %, кількість хворих АГ I ступеня зменшилась на 2 %, кількість хворих АГ II ступеня зменшилось на 9 %. У хворих групи порівняння, які лікувалися ІАПФ або БКК, АТ зменшувався постійно та нешвидко поки не почалось лікування ХП. Ці зміни можна обґрунтувати тим, що крім антигіпертензивної терапії ІАПФ та БКК, хворі застосовували лікування основного захворювання (хронічного піелонефриту). У



хворих контрольної групи були зафіксовані слідуєчі дані: артеріальний тиск у цих хворих знижувався (але не так швидко, як у хворих основної групи). У контрольній групі високо нормальним АТ зменшилось на 3 %, хворих з АГ I ступеня збільшився на 1 %, хворих АГ II ступеня зменшився на 4 %. У хворих обох груп покращився об'єктивний стан хворих, клініко-лабораторні дані. Що відносно цифр АТ то НАГ зменшується не рівномірно та залежить від якрсті лікування ХП та НАГ.

### **Висновки.**

1. Хворі які отримували індивідуально підібрану антигіпертензивну терапію препаратами ІАПФ та БКК у порівняннях з хворими групи порівняння зниження АТ що більш скорішим та стійким.

2. Зниження АТ основної групи до рівня високо нормального АТ збільшилося на 5 %, кількість хворих АГ I ступеня зменшилось на 1 %, кількість хворих АГ II ступеня зменшилось на 4 %.

3. Необхідно проводити постійний контроль рівня АТ та в разі необхідності проводити корекцію доз антигіпотензивних препаратів.

### **Література**

1. Іванов Д. Д, Бережіть свої нирки. Посібник для пацієнтів із хворобами нирок Вичерпна інформація про профілактику та лікування захворювань нирок- Київ; Здоров'я, 2020 – 387 с.

2. Іванов Д. Д. Нефрологія в практиці сімейного лікаря. – Київ: Здоров'я, 2016 – 479 с.

3. Пиріг Л. А. Нефрологія.- К.: Здоров'я, 2018 – 275 с.

4. Міжнародні клінічні протоколи Duodecim Medical Publications Ltd (2017).- Нирки – Т10-№ 4 2017 – С. 1-14.

5. Сіренко Ю. М. Антигіпертензивна система та нирки: погляд крізь призму артеріальної гіпертензії // Український кардіологічний журнал. –2020. - №2. – С.17-19.

6. Керівництво з клінічної практики для управління артеріальним тиском при хронічній хвороби нирок – KDIGO 2021: резюме рекомендації Нирки- Т10-№1 2021 – С. 42-45.

7.Клінічна настанова 00075 Вторинна гіпертензія Нирки- Т10 №1 2019 – С.4-11.

8. Клінічна настанова 00226 Лікування хронічної хвороби нирок. Нирки – Т 9, №2, 2017, С. 6-10.

9. Клінічна настанова 00881 Настанови з антибактеріальної терапії Нирки Т 9, № 2 2018, С4-10.

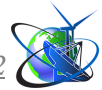
10. Урологічні інфекції-2021 Нирки, Т10, № 3 2021, С. 95-98.

### **References**

1. *Ivanov D.D. Take care of your kidneys. Guide for patients with kidney diseases Comprehensive information on prevention and treatment of kidney diseases - Kyiv; Health, 2020 - 387 p.*

2. *Ivanov D. D. Nephrology in the practice of a family doctor. - Kyiv: Zdrovya, 2016 - 479 p.*

3. *Pierig L. A. Nephrology. - K.: Zdrovya, 2018 - 275 p.*



4. *International clinical protocols of Duodecim Medical Publications Ltd (2017). - Kidneys - T10-№ 4 2017 - P. 1-14.*
5. *Sirenko Yu. M. Antihypertensive system and kidneys: a view through the prism of arterial hypertension // Ukrainian Journal of Cardiology. - 2020. V#2. - P.17-19.*
6. *Clinical practice guidelines for the management of blood pressure in chronic kidney disease - KDIGO 2021: summary of recommendations Kidney- V10 (1) 2021 - P. 42-45.*
7. *Clinical guideline 00075 Secondary hypertension of the Kidneys - V10 No. 1 2019 - P.4-11.*
8. *Clinical guideline 00226 Treatment of chronic kidney disease. Kidneys - V9, No. 2, 2017, p. 6-10.*
9. *Clinical guideline 00881 Guidelines for antibacterial therapy of the Kidneys V9, No. 2 2018, p. 4-10.*
10. *Urological infections-2021 Kidneys, V10, No. 3 2021, P. 95-98.*

**Abstract.** *Nephrogenic arterial hypertension (NAH) is one of the most common and characteristic signs of primary and secondary kidney diseases, caused by organic diseases of the kidneys or renal vessels. NAH occupies one of the first places among symptomatic arterial hypertension and occurs in 6-20% of patients with high blood pressure (BP).*

*In the last decade, the frequency of NAH, as a variant of hypertension, is increasing, which is explained primarily by the improvement of diagnostics [1,2]. NAH is observed in the presence of almost all diseases accompanied by the involvement of the kidney parenchyma in the process. From 5 to 15% of all renal arterial hypertension belongs to renoparenchymal. Most often, NAH occurs in patients with chronic pyelonephritis (CP) - 50-60%, chronic glomerulonephritis (CGN) - 50-70%, diabetic kidney disease 30-60% [2,4]. CP is accompanied by the development of arterial hypertension in 50-60% of patients. Very often, various manifestations of NAH can be the first manifestations of kidney disease. [3,5]. When differentiating with hypertension, the time of occurrence of the urinary syndrome and the first increase in blood pressure should be carefully analyzed.*

*Urinary tract and kidney infections (UTIs) are the largest group in the structure of kidney diseases and rank third among infections of the human body in general. The following UTIs are defined: asymptomatic bacteriuria, lower (urethral syndrome, cystitis, prostatocystitis) and upper urinary tract infections (primary and secondary pyelonephritis, kidney carbuncle, etc.). [6]. Pyelonephritis (PN) refers to an infection of the upper urinary tract, and is documented on the basis of extrarenal symptoms - febrile body temperature, intoxication, pain in the abdomen or lower back, neutrophilic leukocytosis, increased ESR and renal signs - bacteriuria, neutrophilic leukocyturia, microproteinuria, pH>6,5, a positive test for nitrites, leukocytes, and the presence of antibody-coated bacteria (BPA) after the seventh day of the disease. With a concomitant infection of the lower urinary tract, dysuria and painful urination are often observed.*

**Keywords:** *Arterial hypertension, chronic kidney disease, kidney damage*



УДК: 537.547.8

**INFLUENCE OF ADDITIVES OF MINERAL ORIGIN ON LIVESTOCK PRODUCTS****ВПЛИВ ДОБАВОК МІНЕРАЛЬНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ТВАРИННИЦЬКУ ПРОДУКЦІЮ****Yaremchuk O.S. / Яремчук О.С.***d.agricultural s. prof. / д.с.г.н, проф.*

ORCID ID 0000-0002-3283-6107

**Farionik T.V. / Фаріонік Т.В.***s.vet.s. as.prof./к.вет.н. доц.*

ORCID:0000-0002-0706-2445

*Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, Sonyachna 3, 21000**Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця Сонячна 3, 21000*

**Abstract.** *Their chelated compounds with essential amino acids, which are the most optimal form of biogenic metals, are extremely important in increasing the bioavailability of trace elements and providing them to animals. When using chelate compounds, antagonistic relationships between individual trace elements (ME) are eliminated, they are transported to the place of absorption without dissociating, and are transformed in the organs into a metabolically active form. Microelement diseases of animals refer to enzootic diseases of individual biogeochemical zones and provinces, arising from a deficiency, excess, or imbalance of mobile forms of biotic microelements in soils, water sources, and plants. Microelementoses of cattle cause significant damage to farms due to a decrease in the efficiency of the use of feed nutrients, a decrease in resistance and productivity.*

**Key words:** *trace elements, supplements of mineral origin, cattle.*

**Introduction.** Laboratory regulations for the synthesis of iron, cobalt, iodine and selenium lysinates have been developed. For the first time, the intensity of the course of physiological processes and the productivity of animals under the influence of methionates and lysinates of microelements were studied. New data were obtained that characterize the activity of erythropoiesis, the state of protein metabolism, and the veterinary-sanitary quality of beef after feeding different doses of trace element compounds with essential amino acids (methionine and lysine) on hematological indicators, productivity, and meat quality of fattening animals.

The obtained results make it possible to correct the rations of experimental animals according to deficient trace elements. It has been proven that the introduction of microelements in the form of chelated compounds (methionates and lysinates) into the diet of animals has a positive effect on erythropoiesis, the respiratory function of the blood, certain areas of protein, energy and carbohydrate metabolism in the body of young cattle, leads to an increase in their productivity and an improvement in the quality of the obtained beef from them.

The use of minerals and metals for medicinal purposes has been known since the ancient civilizations of China, India and Mesopotamia. However, the description of the impact of trace elements on the health of people and animals was episodic and systematized. In particular, in 89 BC described the death of cattle from an unknown cause, although they grazed on excellent pastures [2]. Two different methods are used to assess the trace element status of the body: determination of the trace element





content (for example, plasma or liver concentration of the trace element) or determination of the functional state (for example, thyroid hormones, etc.). There are data on different threshold values (norms) for assessing the content of the main microelements, which are necessary for optimizing the diet and increasing productivity.

The composition and quality of the ration affect the daily requirement of livestock in trace elements. The need for trace elements will be minimal with a complete balanced feed. If there is a large amount of acidic forage in the diet (silage, pulp, bard, etc.) or if there is an excess of phosphoric and sulfuric acid in it, which happens with a highly concentrated type of feeding, the animal's need for trace elements increases [17]. Not only an excess or lack of microelements can lead to the development of a pathological process, but also an imbalance between essential elements causes severe violations of body functions [12]. An imbalance of trace elements is one of the causes of the membrane-toxic enzymatic effect of disruption of the structure and function of cells, imbalance of the body's microflora, and intensification of lipid peroxidation.

A complex of various chemical elements enters the body of cattle with feed. Therefore, when forming rations and supplementing with trace elements, their mutual regulation, antagonism and synergism should be taken into account. Yes, the antagonists of Cobalt are Manganese and Strontium; Zinc - Calcium; Copper - Molybdenum, Zinc, Manganese and Plumbum; Molybdenum - Cuprum and Manganese; Manganese - Molybdenum and Iodine; antagonists of Iodine - Calcium, Manganese, Lead, Fluorine, Bromine [10]. Iodine is part of thyroid hormones that regulate all types of metabolism. With a lack of iodine in the body, there is a delay in the growth and development of young animals, a violation of metabolism, the functions of the cardiovascular, hematopoietic, reproductive systems, and the liver. Large doses of free Iodine are toxic, so a dose of 2-3 g is fatal for humans. At the same time, in the form of iodide, it is allowed to be taken inside in large doses. If a significant amount of inorganic salts of iodine is introduced into the body with food, its concentration in the blood increases up to 1000 times, but after 24 hours its content returns to normal. Moreover, the excess of iodine is compensated by several mechanisms.

Iodine deficiency can be assessed using its content or functional markers. For this, plasma inorganic Iodine is determined, its concentration fluctuates significantly according to feeding time and diet. The assessment of the functional state of the hypothalamus-pituitary-thyroid system (thyroid-stimulating hormone, thyroxine, triiodothyronine) [1] is used as functional markers, but the physiological status of animals (pregnancy, circadian rhythm, age) should be taken into account. Thyroid hormone analysis is commonly used to diagnose hypothyroidism in cattle caused by iodine deficiency. Cuprum participates in the formation of hemoglobin, promoting the assimilation of iron by transferring it from trivalent to divalent, regulates the exchange of vitamin C, and stimulates the function of the thyroid gland. Activates a number of enzymes, regulates protein, carbohydrate, pigment and vitamin metabolism. Its lack in the body leads to a violation of hematopoiesis, metabolism and functions of the thyroid gland [16]. The storage depot for Cuprum is the liver.



The content of this element in the liver reflects its long-term availability. A reduced concentration of copper in the liver is an early marker of copper deficiency in the diet. Therefore, liver biopsy is the most sensitive way to assess copper deficiency. However, blood tests are more often used to diagnose cuprum deficiency [16]. Ceruloplasmin - an inflammatory protein contains about 80% of all copper in the blood. There is a curvilinear relationship between the concentration of copper in the liver, blood and ceruloplasmin content. However, the liver concentration of Cuprum decreases earlier than the decrease in the concentration in the blood with its deficiency in the diet [17].

Hypocuperiosis is manifested by a violation of hematopoiesis and the development of hypochromic anemia. In severe cases of hypocuperiosis, the central nervous system is affected, especially the cerebellum. Demyelination of brain tissue occurs, which leads to encephalomalacia and hydrocephalus, which, in turn, leads to ataxia, paresis and paralysis. Most often and massively, such lesions of the central nervous system occur in lambs. In such cases, the disease is called enzootic ataxia. A typical external clinical manifestation of copper deficiency in dark-colored animals is partial depigmentation of the coat. At the same time, light stripes alternate with dark ones, which causes the so-called tiger color.

Zinc activates sex hormones, pituitary and pancreatic hormones. It regulates many types of metabolism. With a deficiency of zinc in the body of animals, the reproductive function, metabolism, especially protein and carbohydrate, is impaired, growth and development of young animals is delayed. Zinc is an essential component of more than 70 enzymes found in mammalian tissues. Zinc is also important for the normal development and functioning of the immune system, the stability of cell membranes, and gene expression [19]. Diagnosis of zinc deficiency is a complex process. It was found that the content of Zn in the liver of cattle decreases slightly after a long-term deficiency, therefore, determining its content in plasma or blood serum is the best test of metal deficiency. There are known data on the manifestation of clinical signs of zinc deficiency before a decrease in its content in the blood. Therefore, a low concentration of serum Zn indicates its deficiency, while a normal level does not necessarily indicate its sufficient content in the animal's body [12].

The reactions of dairy cattle to different levels of zinc in the diet varies significantly, suggesting that the main factors of the completeness of the diet in terms of zinc are not its absolute content in the diet, but biological availability [12]. There is evidence that the high content of calcium in the diet of cattle reduces the availability of zinc. A number of laboratories have found a decrease in zinc levels in cows after repeated calving. Moreover, excessive content of copper and selenium in the liver of these cows was established. Obviously, an excess of Copper and Selenium can interfere with the absorption of Zinc. Thus, low zinc levels are likely a secondary effect [16]. Zinc deficiency is characterized by impaired reproductive function, delayed growth and development of young animals, metabolic and hematopoietic disorders. The most typical symptom of zinc deficiency in animals, especially in pigs, is a peculiar skin lesion in the form of parakeratosis [12].

Manganese in Europe is determined in dairy cattle on a regular basis. Lower levels of Manganese in the blood of dairy cattle may be the result of high levels of



Calcium and Phosphorus, which are antagonistic to Manganese [19]. The most informative in the study of Manganese deficiency in the body of cattle is the determination of its content in the liver, followed by whole blood and serum. Hemolysis of erythrocytes can lead to a false increase in the manganese content in the experimental sample. Research on the content of Manganese in feed is not informative, since its various salts have different bioavailability. For example, manganese oxide is absorbed rather poorly [23]. Manganese deficiency in livestock is characterized by a violation of calcium-phosphorus metabolism. At the same time, there is a delay in growth in length and deformation of tubular bones, joints, and displacement of tendons [91]. Anemia is often manifested as a result of impaired hematopoiesis [22]. Ferrum is part of hemoglobin, iron-protein complexes, myoglobin, some enzymes and tissues. With its deficiency in the body, anemia occurs, metabolism is disturbed, growth and development of young animals are delayed. With a simultaneous deficiency in the body of Ferrum, Copper and Cobalt, malignant anemia develops [4]. Ferrum enters the body with food and drinking water, but it is absorbed only up to 10%, the rest passes through transit. In addition, Ferrum is excreted with urine, bile, and in lactating animals - also with milk. The presence of copper and vitamin B12 in the body has a significant effect on the assimilation of Ferrum [4]. Ferrum is needed not only for the formation of hemoglobin, but also for the normal functioning of many vital enzymes of the animal body that actively participate in metabolic processes [4]. Significant reserves of Ferrum (up to 20%) are deposited in the liver, spleen and bone marrow in the form of ferritin and hemosiderin. In addition, Ferrum is contained in myoglobin (10-15%), oxidases, cytochrome enzymes and in a small amount in blood plasma (non-hemized Ferrum) - no more than 0.1% [1].

Not only the lack, but also the excess of individual microelements affects the vital activity of the animal organism, their productivity and resistance. Thus, a lack of Fluorine in the body causes dental caries, and its excess leads to fluorosis. An excess of Nickel in the body is accompanied by damage to the cornea of the eyes, and an excess of Molybdenum, Boron, Lead, Cadmium - to poisoning, Beryllium - to lesions of bone tissue [22]. Up to 70% of the total number of heavy metal ions polluting the internal environment of the body enter the body from the outside. Microelements should enter the body of animals in such quantities and ratios that will ensure the realization of the genetic potential of animals, preserve their health and reproductive functions. The supply of trace elements in sufficient quantities with feed and inorganic salts does not guarantee 100% supply of Mn, Cu and Zn to animals, because only a certain part of them can acquire a functionally active form in the body. In this connection, the concept of bioavailability of trace elements was introduced. Most researchers understand the quantitative assimilation and use of trace elements by the animal organism or their accumulation in the animal organs by biological availability. The biological availability of trace elements depends on the forms and sources of their entry into the animal body and on the physiological state of the organism [5]. Trace elements in organic forms, especially chelated compounds of trace elements with amino acids, are characterized by high biological availability. Inorganic salts of trace elements (chloride, nitrate, sulfate, carbonate) have low



bioavailability, so they are absorbed by the body of animals worse than organic ones. Removal of crystallized water from the molecule of sulfuric acid salts of trace elements leads to a decrease in their biological availability [7]. The assimilation of trace elements in the gastrointestinal tract depends on their interaction with other feed nutrients and the formation of new forms of complex compounds in it, which are significantly different from the forms of compounds. The degree of stability and solubility of the compounds formed has important physiological significance [12].

It has been proven that the use of chelated compounds of trace elements as feed additives provides better assimilation of the metal than when it is introduced into the diet in an inorganic form. This, in turn, helps to increase the productivity of animals and reduce feed costs per unit of production. All this allows us to consider internal complex chelate compounds of biogenic metals as a means that improves the quality of mineral supplements, which in turn contributes to a targeted effect on the metabolism of animals. Chelated compounds of biogenic metals are able to cross the placental barrier and nourish the fetus [7, 14]. The functional activity of microelements depends on their chelating ability, which increases when they are combined with organic compounds and is carried out when they are included in organometallic compounds of a certain shape and structure [20]. The biological effect of chelates on the animal's body is determined by their stability and the properties of the ligands included in the complex [2]. Microelements of various metalloproteins have different properties that depend on the nature of the functional groups included in the coordination complexes. The role of chelating complexes in the body depends on the nature of the chelating compound, the nature of the ligands included in its composition, their size, and configuration [2]. The lack or excess of biogenic macro- and microelements in feed reduces their productive effect, restrains the growth of animals, reduces productivity, worsens the quality of products, causes disease and death. Calcium, Manganese and Zinc in the acidic environment of the small intestine form a strong insoluble complex with phytic acid, from which the cations are not absorbed.

When evaluating the bioavailability of zinc from 13 chemical compounds, it was found that chelated compounds with methionine and tryptophan, as well as complexes of this element with caprylic and acetic acids, have high bioavailability [13]. Among the microelement complexes with proteins is Zinc, which is transported in the form of easily dissociable complexes with albumin and a tightly bound compound with globulins [13]. Manganese in plant feed is mainly bound by chelated compounds, and therefore is absorbed better. It is believed that the element is absorbed in a divalent form and competes with iron and cobalt for absorption sites [11, 12]. So, the importance of individual microelements for the animal body has been comprehensively investigated, however, certain aspects of the impact of different levels of microelements on protein metabolism indicators and hematological indicators of cows, depending on the territory of their existence, have remained out of the attention of researchers. Deficiency or excess of trace elements in the animal body is the cause not only of a decrease in productivity, but also of the occurrence of peculiar diseases - trace element diseases, which are most common in biogeochemical zones and provinces - localities whose soils and water sources have a



very low or very high content of mobile (assimilable) forms trace elements. Such content of chemical elements causes a certain reaction of local flora and fauna, can lead to diseases of plants, animals and people.

The need for trace elements is also determined by the age, productivity and physiological state of animals. Thus, during the period of intensive growth, high productivity and in the second half of the cow's body, the need for trace elements increases by 1.5-2 times. The symptoms of trace element diseases are peculiar and not always clearly manifested, which complicates the clinical diagnosis of trace element diseases in productive animals. In today's conditions, large losses to animal husbandry are caused by trace element diseases caused, in particular, by a lack or excess of certain trace elements. The problem of trace element diseases in agriculture has been thoroughly studied. On the one hand, most of the soils of Ukraine are poor in certain essential microelements, but there are more and more man-made zones in which the content of heavy metals in the soil significantly exceeds the optimal parameters. Given the fact that there are a large number of biogeochemical zones and provinces on the territory of our country, which differ significantly, researchers mainly conduct tests in different regions of Ukraine. Most of the research in this direction is devoted to the study of lactating cows, while the dry period of cows is neglected, although it is at this time that the most intensive development of the fetus takes place and the future productivity of the cow is formed. Unbalanced feeding of dry cows and heifers is often the main reason for poor calving, weakened offspring, poor development of calves and low milk productivity of cows in the next lactation.

Despite the fundamental and comprehensive research of trace element diseases of animals in the conditions of different biogeochemical provinces of Ukraine, urgent issues related to this issue still remain unanswered, in particular, there are no data on the physiological, biochemical and clinical status of dry cows and the calves obtained from them in different biogeochemical zones and with different levels and ratios of trace elements in the blood. There are no data on the intensity of hematopoiesis and protein metabolism in the body of newborn calves obtained from cows with manifestations of trace element diseases. The effect of different content and ratio of microelements in the blood of dry cows on the microelement status of calves obtained from them has not been clarified. The dependence of hematological indicators and protein metabolism on the deficiency of microelements in the blood serum of dry cows and calves obtained from them of different biogeochemical provinces has not been investigated. So, a brief review of the literature proves that there are certain relationships between mineral elements among themselves, with organic substances, vitamins, enzymes and hormones. These relationships determine the participation of microelements in the regulation of the exchange of proteins, fats and carbohydrates, mineral elements, as well as the possibility of their influence on such physiological vital processes as tissue respiration, hematopoiesis, cell division, reproduction, growth.

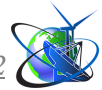
Chelated Zinc reduces the number of somatic cells by 22-50% depending on the dosage of Zinc used and increases the productivity of animals. Addition of Bioplex® Zntm (Alltech company) to the diet reduces the risk of reinfection in the mammary gland [12, 13]. According to Jr.B. Harris, in 90 days, the number of somatic cells in



the milk of the cows of the experimental group decreased by 30–40% from the beginning of the experiment compared to the control group. Somatic cell content is a common indicator for assessing the health of the mammary gland and the quality of raw milk. An increase in the content of somatic cells in milk is observed in various inflammations of the mammary gland [12]. They report that chelated zinc reduces the number of somatic cells (SCC) by 22-50% in eight trials, depending on the dosage of zinc used, and increases milk yield. Most research on this issue has focused on the reduction of CSC under the influence of supplemental use of organic zinc, which is many times more bioavailable to ruminants than inorganic forms. Addition to the diet of Bioplex® Zn (Alltech company) reduces the risk of reinfections in the mammary gland [15]. The theoretical basis for detecting an increase in the number of somatic cells in mastitis is that their number in milk correlates with changes in the content of sodium, potassium, chlorides, lactose and whey proteins in milk, that is, with signs that reflect the state of the mammary gland. The number of somatic cells is affected by a number of factors: lactation stage, calving season, productivity [14]. An increase in the content of somatic cells is more often observed in various inflammatory processes in the mammary gland, although it can also be caused by the influence of such factors as the stage of lactation, the calving season, the amount of milk yield.

The number of somatic cells in 1 ml of milk from a healthy udder is approximately 50–250 thousand, with a minor infection – about 250–300, with a severe infection – more than 600 thousand. This does not affect the technological properties of the milk. However, even with the number of somatic cells of 400 thousand/ml, up to 40% of cows and 17% of mammary gland quarters are infected. In studies aimed at studying the influence of organic forms of trace elements on the productivity and reproductive qualities of dairy cows, the use of Bioplex® caused a significant decrease in the number of somatic cells (by 40%). Although the coefficient of insemination at first calving was within the normal range in both groups, it was higher in the group of cows receiving Bioplex® (65 vs. 57%). The results confirm that the microelements that are part of Bioplex® have a positive effect on the reproduction of dairy cattle, ensure the normal content of minerals in the blood [14]. According to research carried out in England, for the number of somatic cells less than 250 thousand in 1 ml of milk, milk yield losses amounted to 190 kg, with 500–749 thousand – 340 kg, with 750–999 thousand – 770 kg, and with the content of somatic cells of more than 1 million cells in 1 ml, the loss was already equal to 890 kg of milk from a cow per year.

Thus, the dairy laboratory of the Estonian Animal Husbandry and Veterinary Institute examined 30,000 milk samples and found a correlation between the number of somatic cells and the following components: negative - with the content of lactose and potassium, positive - with the content of sodium and chlorine. When the number of somatic cells increases from 104.5 thousand to 14–20 million/ml, the content of total protein – from 3 to 3.8% and chloride – from 0.13 to 0.29% increases significantly in milk from the affected quarters of the udder. % [17]. The best way to classify mastitis is to divide cows into risk groups depending on the level of somatic cells in 1 ml of milk, for example: up to 250,000 - the possibility of infection is unlikely; 250–400 thousand – the possibility of infection is limited; 400–750



thousand – the probability of infection is high, more than 750 thousand – the probability of infection is very high.

In Finland, a slightly different ratio is adopted regarding the number of somatic cells and the state of health of the cow: less than 125 thousand - the condition of the udder is excellent; 125–250 thousand – udder condition is good; 250–500 thousand – the beginning of the inflammatory process; 500–1000 thousand – clear violations of secretion; 1000–2000 thousand – mastitis, more than 2000 thousand – severe inflammation. The threshold of a normal number of somatic cells should be considered: for whole milk - 1 million/ml, for daily milking cows - 660 thousand; for individual quarters of the udder - 300 thousand/ml [17]. Such a classification of cows according to the level of somatic cell content in milk does not exist in the CIS countries. The requirements for the indicator are developed only in the standard for purchased raw cow's milk (DSTU 3662 - 18). The norm of the content of somatic cells for the highest grade of milk is no more than 500,000, for the first grade - no more than 1,000,000 in 1 ml. Milk intended for the production of baby food products must meet the requirements of higher or I grades, but with a somatic cell content of no more than 500,000/ml.

Today, the content of somatic cells in cow's milk is one of the most reliable methods for assessing the state of the mammary gland. The special commission of the International Dairy Federation on mastitis and a number of scientists believe that 1 ml of milk from healthy cows should contain up to 500,000 somatic cells. According to the data of English scientists, if there are less than 250 thousand somatic cells in 1 ml of milk, milk yield loss is 190 kg, with 500–749 thousand – 340 kg, with 750–999 thousand – 770 kg of milk from a cow per year. In dairy farming, there are significant problems with fertilization, which are aggravated by increasing milk productivity. It is important to prove that organic forms of trace elements have a positive effect on various systems of the cow's body, including reproductive function. Thus, the use of microelement proteinates effectively affects not only the productivity of cows and the quality of milk, but also contributes to the strengthening of reproductive qualities and the preservation of livestock. In addition, it increases the efficiency of the use of fodder, extends the period of productive use of breeding animals [13].

The data available in the literature suggest that the introduction of organic forms of microelements as feed additives into rations will have a significant impact on solving the problem of micromineral supply of cattle. However, there is not enough information on the use of organic forms of microelements, such as Bioplex® Zn-, Cu-, Mn, in the diets of highly productive Holstein cows in the industrial complexes of the Steppe of Ukraine. But even those data obtained even in short-term experiments indicate an increase in the productivity of animals [15]. One of the solutions is to increase the use of minerals in organic form in animal husbandry by replacing inorganic minerals with organic chelates, such as Bioplex®. Bioplex® minerals are chelated into peptides in the same way as in nature, which significantly increases their digestibility. Therefore, when using a feed additive, Bioplex® can be used to completely replace the current levels of inorganic minerals. This allows producers to reduce the quantitative level of mineral additives in feed, which will cause a decrease in animal growth rates [14, 15]. As a result of feeding



microelements in the form of chelating compounds, the intestinal microflora grows significantly. This increases the intensity of the entire process of digestion and fermentation of feed in the digestive tract.

Therefore, research on the use of regional mineral additives in the diets of high-yielding cows with the aim of increasing their productivity has today an important scientific and economic significance and is relevant for every biogeochemical zone of Ukraine. An important role in the prevention of trace element diseases is played by the rational feeding of animals with good quality feed. Microelements come with feed in the form of complex organometallic compounds, from which they are easily absorbed. However, feed alone does not satisfy the need of high-yielding cows in individual microelements, so various premixes and combined feeds containing inorganic salts are introduced into their diets. Inorganic salts of microelements, as part of compound feed, are not always safe for animal health and have low bioavailability [9].

Their complex compounds with amino acids and other organic substances, the so-called ligands, increase the bioavailability of trace elements. The interaction of metal ions with ligands consists in their coordination, mostly ligands bind to ions of trace elements through amino and carboxyl groups [16]. Microelements of the chelate complex, which consists of metals and ligands, have high biological activity and digestibility (95–100%). Due to the gradual breaking of chelate bonds, the drugs have a prolonged effect. Ligands are effectively used by the body when microelements are broken down. All this makes it possible to reduce the doses of trace elements, as well as positively solve environmental and economic problems. One of the main directions of increasing the productivity of animals and improving the quality of their products is a complete and balanced feeding of the main nutrients and biologically active substances (BAR). However, both a lack and an excess of the latter can lead to a violation of metabolism in animals and people, which leads to the occurrence of various diseases.

The study of the trace element (ME) composition of feed, water and tissues of fattening cattle within specific farms established that the content of trace elements in feed changes under the influence of various agrotechnical and atmospheric factors and the type of soil. At the same time, it was established that the most deficient are iron, cobalt, iodine and selenium. Fe deficiency is 39.2%; Co - 54.5%; I – 46.4% and Se – 73.2%. Such a low percentage of providing animals with individual trace elements leads to overspending of feed per unit of production, deterioration of the general physiological condition of animals, and as a result - a decrease in meat productivity and the quality of the obtained products, which do not meet the physiological needs of humans [13, 14, 15].

For a more thorough and in-depth study of the effect of chelated trace element premixes on animal growth, we determined the speed and intensity of growth, in addition to total and average daily growth. These data are shown in Table 1. As can be seen from Table 1, the live weight of bulls of the control and experimental groups when put on fattening was practically the same. Supplementation of bulls of the experimental groups (II - X) led to an increase in average daily and total growth, as well as an increase in the live weight of animals at the end of the experiment. In





animals of II-IV groups, which were fed with microelement methionates, the total and average daily growth increased by 3.7, respectively; 5.1 and 3.1% relative to the control. Animals of groups V - VII were fed Fe, Co, I and Se lysinates, and this led to an increase in the above-mentioned indicators by 0.6; 2.9 and 1.1%, respectively, compared to the control group.

**Table 1 - Productivity of experimental steers when feeding them methionates and lysinates of deficient TE,  $M \pm m$ ,  $n=10$ .**

Groups of animals	Live weight, kg		Increase		Growth rate, %	Growth intensity, g/kg/era
	At the beginning of the experiment	Finally research	General, kg	medium-daily, г		
I	190±3,5	251,2±3,7	61,2±1,4	680±5,1	27,7±0,7	3,6±0,06
II	192±3,2	255,4±3,3	63,4±1,8	705±6,2**	28,4±0,6	3,7±0,04
III	188±3,9	252,3±3,0	64,3±1,5	715±6,6***	29,2±0,7	3,8±0,05*
IV	186±3,7	249,1±3,9	63,1±1,9	701±5,6*	29,0±0,5	3,8±0,06*
V	190±3,1	251,6±3,2	61,6±1,8	684±5,0	27,9±0,6	3,6±0,05
VI	188±3,8	251,0±3,1	63,0±1,7	700±5,1**	28,7±0,7	3,7±0,04
VII	185±3,1	246,9±3,2	61,9±2,0	688±5,4	28,7±0,7	3,7±0,05
VIII	184±3,4	247,9±3,6	63,9±1,6	710±6,1***	29,6±0,5	3,9±0,09**
IX	187±3,9	252,7±3,5	65,7±1,3 *	730±6,0****	29,9±0,4*	3,9±0,08**
X	188±3,9	252,9±3,6	64,9±1,8	721±6,8****	29,4±0,5	3,8±0,06*

Animals of VIII-X groups were fed both methionates and lysinates of trace elements. This supplement provided an increase in average daily and total growth by 4.4, respectively; 7.3 and 6.0% compared to the control group. From the data in the table, it can be seen that the growth rate of the animals of the experimental groups increased compared to the control group. The increase in live weight of the animals of the experimental groups was more intense compared to the control. Thus, in animals of II - IV groups, the intensity of growth increased by 2.8; 5.5 and 5.5% compared to the control group. For a broader study of the effect of chelates of microelements on the productivity of cattle, we conducted a second experiment, the data of which show that the premix developed by us has a positive effect on the productivity of animals. Productivity of experimental bulls when using methionates and lysinates of deficient microelements in feeding is given in the table. 2.

Thus, the average live weight at the end of the second experiment in the animals of the experimental groups was 62.9 kg higher than in the control due to the fact that the average daily gain increased by an average of 21.3% compared to the control. An increase in growth rate by 40.9% and growth intensity by 18.3% compared to the control was also established. Supplementation of animals of the second group with methionates in the doses mentioned above led to an increase in their live weight by 51.5 kg compared to animals of the control (first) group.



**Table 2. - Productivity of experimental steers when feeding them methionates and lysinates of deficient TE,  $M \pm m$ ,  $n=15$ .**

Groups of animals	Live weight, kg		Increase		Growth rate, %
	Finals researcher	Finally research	General, kg	Medium-daily, g	
I	230 $\pm$ 3,7	488,8 $\pm$ 3,8	258,8 $\pm$ 3,5	719 $\pm$ 5,5	72,0 $\pm$ 1,2
II	218,5 $\pm$ 3,7	528,8 $\pm$ 3,7 ****	310,3 $\pm$ 3,5 ****	862 $\pm$ 5,5 ****	83,1 $\pm$ 1,0 ****
III	242,4 $\pm$ 3,9 *	547,7 $\pm$ 3,9 ****	305,3 $\pm$ 3,6 ****	848 $\pm$ 5,7 ****	77,3 $\pm$ 1,1 ***
IV	252,5 $\pm$ 3,9 ****	578,7 $\pm$ 3,8 ****	326,2 $\pm$ 3,8 ****	906 $\pm$ 6,1 ****	78,5 $\pm$ 1,2 ***

Animals of the III group, in addition to the basic diet, additionally received lysinates of microelements in doses: Fe - 0.05 mg/kg of live weight; Co – 0.04; I - 0.05 and Se - 0.02 mg/kg of live weight at the end of the experiment had 46.5 kg (which is 12.0%) more live weight than animals of the control group. They increased: average daily and total growth by 18.0%; growth rate by 5.3%; growth intensity by 12.9% compared to similar indicators of animals of the I group (control).

Biotic levels and synergistic ratios of individual microelements in premixes allow their use throughout the feeding, ensuring optimal metabolism in the contents of the rumen and body tissues, stable productivity of livestock and obtaining ecologically clean products [12]. In order to eliminate the deficiency of certain microelements in the body of animals of the experimental farm, it is advisable to carry out the correction of microelement nutrition after a preliminary analysis of ME composition of soils, fodder, water and body tissues. Feeding animals compound feed with premixes developed by us, which include optimal levels, in certain ratios of chelated compounds of deficient microelements, allows to increase the meat productivity of livestock by an average of 21.3%, as well as to improve the biological and nutritional value of products. Extremely important indicators at slaughter are carcass yield, slaughter yield and internal fat yield, which always depend on the fatness of the cattle. Meat and its qualitative composition is determined by the quantitative ratio of tissues, namely, its morphological composition, which depends on the species, breed, age, sex, feeding and conditions of keeping livestock.

We conducted a production inspection (second test). The obtained results (Table 3) more significantly confirmed the data of the first experiment. Analyzing these data, it can be seen that feeding the animals of the experimental groups with chelates slightly improves the slaughter qualities of the experimental bulls.

Yes, supplementing animals of the II group with methionates in a dose: iron 0.05 mg/kg body weight. m., cobalt - 0.04, selenium - 0.02 and iodine 0.05 mg/kg of live weight helped to increase the slaughter yield, carcass yield and internal fat yield by 3.78, 3.5 and 0.28%, respectively, compared with control In animals of the III group, which received lysinates in a dose: Fe - 0.05 mg/kg body weight; Co – 0.04; Se – 0.02 and I 0.05 mg/kg of live weight, slaughter output, carcass output and internal fat output increased by 3.01, respectively; 2.8 and 0.21% compared to the



control (I group). It should be noted that all these data were statistically reliable. Animals of the IV group were fed ME methionates in doses: Fe - 0.025; Co - 0.02; I - 0.025; Se - 0.01 mg/kg of live weight and Fe lysinates - 0.025; Co - 0.02; I - 0.025 and Se - 0.01 mg/kg live weight and this contributed to an increase in slaughter yield by 5.2%, carcass yield by 4.8% and visceral fat yield by 0.4% compared to the control group. Therefore, comparing the obtained experimental data, it can be seen that the use of ME methionates and lysinates has a positive effect on the slaughter performance of experimental bulls.

**Table 3 - Slaughter quality of experimental cattle when fed with methionate and lysinates of deficient trace elements, M±m; n=15.**

Groups of animals	Pre-slaughter w/m, kg	Slaughter weight, kg	Slaughter output, %	Mass steam room carcasses, kg	Mass stem rum Tsartsass, kg, %	Mass of internal fat, kg	Output of internal fat, %
I	482±2,4	233,3±3,7	48,41±0,60	224,6±3,33	46,6±0,59	8,72±0,36	1,81±0,04
II	522±2,4 ****	272,5±3,6 ****	52,19±0,51 ****	261,6±3,36 ****	50,1±0,56 ****	10,92±0,41 ***	2,09±0,06 ***
III	541±2,5 ****	278,2±3,8 ****	51,42±0,62 ***	267,3±3,40 ****	49,4±0,56 ***	10,93±0,43 ***	2,02±0,05 ***
IV	570±2,4 ****	305,6±3,4 ****	53,61±0,57 ****	292,9±3,35 ****	51,4±0,59 ****	12,65±0,40 ****	2,21±0,05 ****

Analyzing the data obtained in Table 4, which shows the change in the chemical composition of the meat of the cattle of the second experiment, it can be seen that the results of the second experiment confirm the results obtained in the first experiment and indicate that chelated compounds of trace elements with essential amino acids improve the chemical composition and increase calorie content of the longest muscle of the back. Meat of animals of the second group, which were fed ME lysinates in the dose: Fe - 0.05 mg/kg body weight; Co – 0.04; Se - 0.02 and I 0.05 mg/kg of live weight, contained 1.53% more dry matter than the meat of animals of the control group, protein - 1.46%, fat - 0.09%, ash - 0.1, caloric content was higher by 5.9%, tryptophan by 0.16% and protein qualitative index increased by 1.08% compared to the control group. In the meat of animals of the III group, which were fed ME methionates in a dose: iron 0.05 mg/kg body weight. m., cobalt - 0.04, selenium - 0.02 and iodine 0.05 mg/kg live weight, the content of dry matter increased by 0.75%, protein by 0.77%, fat - 0.04%, ash - 0.04%, caloric content increased by 2.9%, tryptophan by 0.13%, and the protein qualitative indicator increased by 0.8% compared to similar indicators of animals in the experimental group.

Animals of the IV group were fed ME methionates in doses: Fe - 0.025; Co - 0.02; I - 0.025; Se - 0.01 mg/kg of live weight and Fe lysinates - 0.025; Co - 0.02; I - 0.025 and Se - 0.01 mg/kg of live weight. At the same time, the content of dry matter increased by 2.32%, protein by 1.78, fat by 0.28, ash by 0.17, caloric content by 9.5, tryptophan by 0.22, and protein quality index by 1.45% compared to the control group. The amount of oxyproline decreased in all three experimental groups. In group



II by 0.03%, group III by 0.021% and group IV by 0.037% compared to the control group. So, summarizing the results of Tables 3 and 4, it can be stated that feeding cattle with methionates and lysinates of ME improves the chemical composition and nutritional value of beef.

**Table 4 - Chemical composition and caloric content of the longest back muscle of cattle when fed with methionates and lysinates of deficient trace elements, %,  $M \pm m$ ; n=15.**

Indicators	Groups of animals			
	I	II	III	IV
Dry matter	23,57±0,18	25,10±0,20****	24,32±0,20**	25,89±0,21****
Protein	19,25±0,27	20,71±0,30***	20,02±0,25	21,03±0,30****
Fat	2,92±0,05	3,01±0,05	2,96±0,06	3,20±0,06***
Ash	0,90±0,03	1,00±0,03*	0,94±0,03	1,07±0,03****
Calorie content, kJ/kg	4530±30	4796±32****	4661±30***	4961±34****
Tryptophan	1,32±0,03	1,48±0,03***	1,45±0,03***	1,54±0,03****
Oxyproline	0,300±0,01	0,270±0,01*	0,279±0,01	0,263±0,01**
Protein quality indicator	4,4±0,21	5,48±0,21***	5,20±0,20**	5,85±0,21****

The issue of micronutrient nutrition of animals is receiving special attention today in connection with the low level of mineral supply of feed, which, in turn, leads to a decrease in animal productivity. Therefore, in recent years, research related to the study of the influence of trace elements on the course of morpho-biochemical processes in the body of animals, and their influence on the productivity and non-specific resistance of cattle has gained great importance and relevance. A prerequisite for increasing beef production, improving its quality, and increasing the profitability of the industry as a whole is full and balanced feeding of animals. This is possible only on the condition of knowledge about the need of animals for nutrients, vitamins and microelements, and their full use by the animal's body from feed.

Since ME are cofactors of enzymes, components of hormones, vitamins and many metalloproteins, they regulate the processes of metabolism and the initiation of anabolism, their deficiency in the body of animals leads to significant metabolic disorders and the occurrence of microelement diseases. Studies have established that medical and preventive measures should be based on the study not only of the peculiarities of biogeochemical provinces, but also of individual farms [16]. In order to effectively manage animal husbandry in the region, it is necessary to constantly monitor the content of trace elements in feed, water and body tissues of various biogeochemical zones, provinces and individual farms and, on this basis, develop measures to eliminate the corresponding deficiency of an element or group of elements. Optimal concentration of trace elements, vitamins, etc. BAR in body tissues depends on their content in diets and the biological availability of each of them. If the content of ME in diets can be adjusted to a certain extent due to the additional introduction of one or a mixture of them, then the biological availability of the element for the body can be increased only through the appropriate level of



mineral and organic components in feed, the physiologically approximate ratio of ME in premixes and more effective inclusion in them chelate compounds of biogenic metals. The effectiveness of the biological action of chelates is determined by their structure and stability of ME and the chelating ligand.

Feeding animals with standard premixes does not always ensure the realization of the genetic potential of the organism, productivity, quality of livestock products and the prevention of microelement diseases, since they do not take into account the zonal peculiarities of ME composition of feeds of individual provinces and farms [10, 11]. In order to increase the physiological action and biological availability, as well as reduce the negative impact of certain deficient MEs on the animal body, we have developed new approaches and directions for balancing rations with premixes containing chelated (organic) compounds with essential amino acids and BAR.

It is traditionally accepted to compensate for the lack of macro- and microelements in diets by introducing them into premixes in an inorganic form (in the composition of sulfates, chlorides, carbonates). Compared to organic compounds, the inorganic compounds of individual MEs in the animal body are insufficiently assimilated, and increasing the dose to achieve a normal level of assimilation in the animal body causes toxicosis in them. Chelate compounds, which are the most optimal form of biogenic metals, play an important role in increasing the bioavailability of trace elements for animals. The use of trace elements in the form of organometallic compounds with amino acids significantly increases the level of assimilation by body tissues and increases the total biological effect several times when feeding animals even with biotic (minimally optimal) doses, which is manifested by the intensification of metabolic processes, increased productivity and improvement of the quality and biological value of livestock products. At the same time, ME costs per head decrease. The use of ME chelate compounds eliminates competitive (antagonistic) relationships between individual microelements, since chelate complexes are transported to the site of absorption without dissociating, and in this state can be deposited in organs and tissues, turning into a metabolically active form.

The use of ME chelating compounds together with limiting amino acids (methionine, lysine, etc.) ensures the latter metabolic processes, stimulates the growth and reproduction of scar microflora, promotes the synthesis of LFA, in particular propionate in the scar content, which is intensively used in energetic and plastic processes. At the same time, the resistance of animals to the disease increases. In connection with the peculiarities of the ecological situation in Ukraine and the presence of separate biogeochemical zones, the use of chelated compounds of metals and other BARs also has the advantage that MEs, easily penetrating through cell membranes and competing with xenobiotics, radionuclides and other non-physiological substances, displace them from metabolism and ensure proper exchange of substances and energy. Based on this, there was a need to find an easily applicable form of ME, an available semi-industrial technology for the synthesis of chelate compounds of scarce elements with essential amino acids and the development of a recipe for premixes for fattening cattle and cows, taking into account the economic characteristics and biogeochemical zones of the region. We,



together with university employees, have developed the technology of laboratory and semi-industrial synthesis of chelate compounds with cobalt, selenium, iodine, iron (methionates and lysinates), which enables their wide application in animal husbandry. The choice of methionine and lysine for the synthesis of chelates is appropriate for ruminants and poultry, as they are the initiators of the initial stages of protein synthesis, and also facilitate the transmembrane transfer of the ME chelate into cells. The synthesis technology of ME chelate compounds is simple and available for industrial production.

Feeding different types of animals and poultry compound feed with developed premixes, which include optimal levels in certain ratios of salt deficient ME with a complex of fat- and water-soluble vitamins, will prevent various microelement diseases, increase the meat productivity of livestock by an average of 14-20%. milk by 8-10.3%, as well as improve the biological and nutritional value of products. Therefore, the animals of the experimental farm were provided with copper for 76.8% of the need, zinc - 70.4%, manganese - 67.35%, iron - 60.8%, iodine - 53.6%, cobalt - 44.5% and selenium by 26.8% of the need. The obtained data indicate the impossibility of balancing the rations of cattle in normal conditions according to the most deficient trace elements (iron, cobalt, iodine and selenium) only at the expense of the available feed in the farm. The content of these elements is so low that it can lead to the disease of animals with trace element diseases, especially in the winter and spring periods. Therefore, in our opinion, it is advisable to additionally introduce deficient trace elements (Fe, Co, I and Se) into the diet of cattle in the form of chelate complexes with essential amino acids methionine and lysine (methionates and lysinates).

These microelements enter the body mainly with feed, where they are absorbed in the small intestine, mainly in the duodenum. There, iron, cobalt, iodine and selenium are easily absorbed through villous membranes and are easily fixed by their components. Blood indicators are a "mirror" of the general state of metabolism and energy in the body, therefore the study of its composition is of important clinical importance in veterinary practice and science. With a relatively normal physiological state of the animal organism, the composition and properties of the peripheral blood are more or less constant. But even minor changes in the functioning of the organs and systems of the body necessarily lead to certain changes in the peripheral blood. The greater the changes in the body's metabolism, the stronger and more significant the changes in the blood will be. With significant physiological changes in the body, fluctuations in the composition and properties of blood approach pathological ones to such an extent that it is impossible to draw a line between a physiological and a pathological state.

Changes in blood parameters are observed not only in diseases of hematopoietic organs, but also in various diseases of other systems and organs, so blood tests can be used for diagnosis and prognosis of many internal non-contagious, surgical, infectious and invasive diseases. As it is known, the growth of gains simultaneously leads to a significant improvement in the slaughtering qualities of animals. The slaughter yield, carcass yield, and internal fat yield increased by 3.78%, 3.5, and 0.28%, respectively, in bulls of the II group, which were fed ME methionates,



compared to similar indicators of the bulls of the control group. The same indicators in animals fed ME lysinates (III group) increased by 3.0%, 2.8 and 0.21% relative to the control. Supplementation of IV group animals with methionate together with lysinates contributed to an increase in slaughter yield by 5.2%, carcass yield by 4.8%, and internal fat yield by 0.4% compared to the control group. The chemical composition of meat is complex and depends on the type of animal, age, sex, fattening, method of fattening, etc. The main and most nutritionally valuable part of meat is muscle tissue, the constituent parts of which are: water, proteins, nitrogenous and non-nitrogenous substances, lipids, minerals, enzymes, hormones and vitamins. And the results of the chemical composition of meat and meat products serve as a criterion for evaluating the quality of the product and allow judging its nutritional and sanitary quality.

Analyzing the data obtained on the chemical composition of meat as a result of feeding cattle with different doses of methionates and lysinates of Fe, Co, Se, I, we can talk about positive changes in the chemical composition of meat in all experimental groups, in relation to the control group. The data show that the content of dry matter in the longest muscle of the back increased by 0.15 - 1.54% in animals of the II - X experimental groups compared to the control. Longer feeding of cattle with ME chelate compounds (II experiment) confirmed the previously obtained data. According to which an increase in dry matter by 0.75 - 2.32% in relation to the control was also observed in all experimental groups (II - IV). Moreover, it should be noted that such an increase in all experimental groups was statistically probable ( $P < 0.05 - 0.001$ ). The most important component of food products of animal origin is protein, which is the main part of the organic substances of muscle tissue and its main biological value. Proteins are the basis of structural elements of cells and tissues. Proteins are associated with the implementation of the main manifestations of life, metabolism, contractility, irritability, the ability to grow, reproduce, and even the highest form of movement of matter - thinking. Our studies have shown that feeding bulls on fattening with iron methionate at a dose of 0.025 mg/kg body weight. m., cobalt - 0.02, selenium - 0.01, iodine - 0.025 mg/kg body weight together with iron lysinates in a dose of 0.025 mg/kg body weight. m., cobalt - 0.02, selenium - 0.01, iodine - 0.025 mg/kg body weight accelerates the intensity of physiological and biochemical processes in the body, increases their productivity, improves the biological value and availability of the products obtained from them, increases food the value of meat, allows to increase the profitability of production and, as a result, to obtain a significant economic effect from their use.

### References.

1. Bovine monocyte-derived macrophage function in induced copper deficiency S. Cerone, A. Sansinanea, S. Streitenberger. [et al.]. Gen. Physiol. And Biophys. – 2000. – Vol. 19, № 1. – P. 49–58.
2. Brittenham G. M. Development of iron-chelating agent for clinical use [editorial, comment] G. M. Brittenham. Blood. – 1992. Vol. – 80. – P. 569–574.
3. Chelating Agents in Pharmacology, Toxicology and Therapeutics. 2 Int. Symp. Plzen. Lek. Sb. – 1998. № 56, Sypl. – P. 1–188.



4. Cobalamin deficiency associated with methylmalonic acidemia in a cat S. L. Vaden, P. A. Wood, F. D. Ledley [et al.]. *J. of the Amer. Veterinary Medical Association.* – 1992. – Vol. 200, № 8. – P. 1101–1103.
5. Copper, zinc superoxide dismutase enhances DNA damage and mutagenicity induced by cysteine iron S. U. Yoon, Y. H. Koh, R. A. Floyd, J. W. Park. *Mutation Researcn.* – 2000. – Vol. 448, № 1. – P. 97–104.
6. Cousins R. J. Absorption, transport and hepatic metabolism of copper and zinc : spesial reference to metallothionein and ceruloplasmin R. J. Cousins. *Prysiol. Rev.* – 1985. – Vol. 65, № 2. – P. 238–309.
7. Chui. C. H. Vitamin B<sub>12</sub> deficiency – need for a new guideline C. H. Chui, F. Y. Lau, R. Wongetal. *Nutrition.* – 2001. – Vol. 17, № 11–12. – P. 917–920.
8. Czekala J. Występowanie miedzi, cynku i manganu w glebach uprawnych J. Czekala, M. Jakubus. *Mikroelementy w rolnictwie.* – Warszawa, 2000. – Cz. 1. – S. 219–228.
9. Dabkowska–Naskret H. Zawartosc form calkowitych i dostepnych dla roslin onkroelementow w wybranych podtypach ezarnychziem kujawskich H. Dabkowska–Naskret *Mikroelementy w rolnictwde.* – Warszawa, 2000. – Cz. 1. – S. 237–243.
10. Davis C. D. Low dietary copper increases fecal free radical production, fecal water alkaline phosphatase activity and cytotoxicity in healthy men C. D. Davis. *J.Nutr.* – 2003. – Vol. 33, № 2. – P. 522–527.
11. Determination of trace elements (Cu, Zn, Mn, Pb) and magnesium by atormal absorption in patients receiving total parenteral nutrition T. Papageorgiou, D. Xenos [et al.]. *Nutrition.* – 2002. – Vol. 18, № 1. – P. 32–34.
12. Effect of antioxidants added to bear semen extender on the semen survival time and sperm ehromatin structure B. Szczesniak–Fabianczyk, M. Bochenek, Z. Smorag, F. Ryszka *Reprod Biol.* – 2003. – Vol. 3, № 1. – P. 81–87.
13. Effect of pasture–applied biosolids on forage and soil concentrations over a grazing season in North Florida. II Microminerals M. E.Tiffany, L. R.McDowell, G. A. O'Connor. [et al.]. *Commum. Soil. Sci. and Plant Anal.* – 2000. – Vol. 31, № 1 – 2. – P. 215–227.
14. Effect of trace and ultratrace elements on the reproduction performance of ruminants M. Anke, W. Dom, G. Gunstheimer [et al.]. *Veterinarna Medicina.* – 1998. – Vol. 43, № 9. – P. 272–282.
15. Effects of supplementation of organic and inorganic combinations of copper, cobalt, manganese, and zinc above nutrient requirement levels onpostpartum two–year–old cows P. A. Olson, B. D. Rink, D. T. Hickok. [et al.]. *J. of Animal Science.* – 1999. – Vol. 77, № 3. – P. 522–532.
16. Egeli A. The effect of peroral administration of amino acid-chelated iron to pregnant sows in preventing sow and piglet anaemia A. Egeli, T. Framstad, D. GrFennmgen. *Acta Vet. Scand.* – 1998 . – Vol. 39. – P. 77–87.
17. Excretion from rats of ketone bodies and methylmalonic acid in urine resulting from dietary vitamin B<sub>12</sub> deficiency S. Toyoshima, F. Watanabe, H. Saido. [at al.]. *Bioscience, Biotechnology–and–Biochemistry.* – 1995. – Vol. 59, № 8. – P. 1598–1599.





**Анотація.** Надзвичайно важливе значення в підвищенні біологічної доступності мікроелементів і забезпеченні ними тварин належить їх хелатним сполукам з незамінними амінокислотами, які є найоптимальнішою формою біогенних металів. При застосуванні хелатних сполук усуваються антагоністичні взаємовідношення між окремими мікроелементами (МЕ), вони транспортуються до місця абсорбції не дисоціюючи, перетворюються в органах в метаболічно активну форму.

Мікроелементози тварин відносяться до ензоотичних захворювань окремих біогеохімічних зон і провінцій, що виникають за дефіциту, надлишку або дисбалансу рухомих форм біотичних мікроелементів у ґрунтах, водних джерелах і рослинах. Мікроелементози великої рогатої худоби завдають значних збитків господарствам внаслідок зниження ефективності використання поживних речовин корму, зниження резистентності та продуктивності.

**Ключові слова:** мікроелементи, добавки мінерального походження, велика рогата худоба.



УДК 615.014.07:443.631.22:615.446:15:481.928.4

**DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR DETERMINING THE QUALITATIVE COMPOSITION OF PHENOLIC COMPOUNDS IN CREEPING THYME GRASS BY THE METHOD OF HIGHLY EFFECTIVE LIQUID CHROMATOGRAPHY AFTER PRELIMINARY HYDROLYSIS**  
**РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКІСНОГО СКЛАДУ ФЕНОЛЬНИХ СПОЛУК У ТРАВІ ЧЕБРЕЦЮ ПОВЗУЧОГО МЕТОДОМ ВИСОКОЕФЕКТИВНОЇ РІДИННОЇ ХРОМАТОГРАФІЇ ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПОПЕРЕДНЬОГО ГІДРОЛІЗУ**

Zarivna N.O. / Зарівна Н.О.

c.pharm.s., as.prof. / к.фарм.н., доц.

ORCID: 0000-0002-8522-4024

Horlachuk N.V. / Горлачук Н. В.

c.pharm.s., as.prof. / к.фарм.н., доц.

ORCID: 0000-0003-3575-6652

*Horbachevsky Ternopil national medical university, Ternopil, Ruska, 36, 46000*  
*Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського,*  
*Тернопіль, Руська, 36, 46000*

**Анотація.** В роботі представлено розробку методики визначення якісного складу флавоноїдів і фенолкарбонових кислот у траві чебрецю повзучого методом високоефективної хроматографії після проведення попереднього гідролізу. Попередніми нашими дослідженнями, було встановлено наявність фенольних сполук у сировині чебрецю повзучого методом тонкошарової хроматографії, в результаті якої обрано оптимальну систему розчинників із найкращою розділювальною здатністю (хлороформ – метанол – метилетилкетон – ацетилацетон 70:10:5:1). Це вказує на доцільність застосування даної системи розчинників в якості рухомої фази при ТШХ-аналізі, саме флавоноїдів-агліконів (лютеолін, апігенін, мірицитин, кверцетин, кемпферол, ізорамнетин). Крім того, вивчено нами, також метод високоефективної хроматографії (ВЕРХ) до проведення попереднього гідролізу для ідентифікації фенольних сполук чебрецю повзучого (ЧП). В результаті чого, встановлено наявність у ньому флавоноїдів, зокрема, рутину, гіперозиду, лютеолін-7-О-глюкозиду, апігенін-7-О-глюкозиду й одного глікозиду лютеоліну невідомого складу. З фенолкарбонових кислот виявлено: кофейну, хлорогенову та розмаринову кислоти. Для належного вибору ідентифікаційних маркерів якості при проведенні стандартизації сировини ЧП, необхідно дослідити якісний склад фенольних сполук, також, після проведення попереднього гідролізу, тому потрібно розробити методику їх ідентифікації методом ВЕРХ (після гідролізу) для підбору ідентифікаційних маркерів якості досліджуваної сировини.

**Ключові слова:** чебрець повзучий, фенольні сполуки, високоефективна рідинна хроматографія, стандартизація.

**Вступ.** У фармакотерапії захворювань бронхолегеневої системи важливе місце займають рослинні лікарські засоби (ЛЗ), які проявляють протизапальну, муколітичну та протикашлеву дію, що зумовлені комплексом біологічно активних речовин (БАР) відповідних рослин (чебрець повзучий, чебрець звичайний, плющ звичайний, фіалка триколірна тощо). Враховуючи те, що лікарські засоби на основі лікарської рослинної сировини (ЛРС) при правильному дозуванні практично нетоксичні, нешкідливі, відносно доступні, ефективні, тому пошук, дослідження БАР ЛРС та фармацевтична розробка на їх основі вітчизняних ЛЗ є актуальним завданням Фармації на сьогодні.



Аналізуючи джерела літератури, відомо що ЧП володіє муколітичною активністю. Це підтверджено виробництвом таких ЛЗ, як: «Пертусин», «Гербіон сироп первоцвіту», «Пектосол» тощо. З усіх груп БАР трави чебрецю найбільш вивченими є компоненти ефірної олії, виділення і дослідження яких здійснюється різними методами. Для аналізу сумішей терпенових сполук найширше застосування знайшли хроматографічні методи, які дозволяють розділити компоненти сумішей та здійснити їхнє кількісне визначення. У Державній Фармакопеї України (ДФУ) наведена фармакопейна стаття на досліджувану сировину, згідно якої ідентифікаційними та кількісними маркерами якості обрано тимол і карвакрол та вміст ефірної олії відповідно. Враховуючи леткість ефірної олії ЧП, доречно проаналізувати й інші БАР, які наявні у даній ЛРС. Попередніми дослідженнями нами встановлено наявність фенольних сполук у витягах з трави ЧП. Тому, для проведення її стандартизації, а також ГЛЗ на її основі, крім тимолу і карвакролу, доречно визначити якісний склад та кількісний вміст і фенольних сполук.

*Джерело: [1- 8]*

**Основний текст.** Ідентифікацію фенольних сполук у сировині чебрецю повзучого здійснювали фармакопейним методом - вискоєфективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) [6]. Попередніми дослідженнями нами використано ВЕРХ – аналіз із застосуванням методики до проведення попереднього гідролізу [8]. Як результат, ідентифіковано п'ять флавоноїдів та три фенолкарбонових кислот. Для вибору ідентифікаційних маркерів досліджуваної сировини, необхідно більш глибоко дослідити флавоноїди і фенолкарбонові кислоти. Для цього ми використовували метод ВЕРХ за запропонованими методиками до, та після, проведення гідролізу. Саме, ці методики, на нашу думку, дозволять глибоко дослідити ці БАР, а також, зробити висновок щодо вибору ідентифікаційних маркерів якості досліджуваної сировини. Для проведення відповідного методу аналізу, використовували траву чебрецю повзучого, попередньо підібрані реактиви, а також прилад – рідинний хроматограф “Agilent 1200” із застосуванням детектора “діодна матриця” та відповідних попередньо підібраних умов пробопідготовки: колонка “XTerraC18” (фірми “Waters”, Ірландія), розміром 4,6 x 250 мм, заповнена сорбентом з розміром частинок 5 мкм, або аналогічна, для якої виконуються вимоги тесту “Перевірка придатності хроматографічної системи”; рухома фаза А: 0,6 г натрію дигідрофосфату моногідрату Р розчиняють у 1000 мл води високоочищеної Р, доводять рН розчину кислотою фосфорною Р до 2,5 (потенціометрично); рухома фаза В: ацетонітрил Р; швидкість рухомої фази – 1,0 мл/хв; детектування за довжини хвилі 330 нм, 370 нм; температура колонки 25 °С; об'єм проби, що вводиться 50 мкл; час хроматографування 55 хв.

Розроблена методика ідентифікації досліджуваних БАР у траві чебрецю повзучого методом ВЕРХ (після гідролізу) представлена нами у такій редакції:

*Вихідний розчин:* У круглодонну колбу місткістю 100 мл, відважують 2,0 г сировини, подрібненої і просіяної через сито діаметром 2 мм, додають 1,0 мл розчину гексаметилентетраміну Р (5 г/л), 20 мл ацетону Р і 2,0 мл хлористоводневої кислоти Р1. Кип'ятять зі зворотним холодильником протягом



30 хв, охолоджують і фільтрують рідину через фільтр “синя стрічка” у мірну колбу місткістю 100 мл. Витягнення повторюють ще два рази застосовуючи по 20 мл ацетону Р, кожного разу прокип’ятивши зі зворотним холодильником 10 хв, промивають колбу і фільтр ацетоном Р і доводять ацетоном Р до позначки.

20,0 мл одержаного розчину поміщають у ділительну лійку місткістю 100 мл, додають 20 мл води Р і 15 мл етилацетату Р, струшують протягом 15 хв. Після розділення шарів, нижній (водний) шар зливають у конічну колбу, місткістю 50 мл, а верхній (органічний) зливають у конічну колбу 100 мл і закривають корком. Екстракцію водного шару повторюють 2 рази по 15 мл етилацетату Р за вказаних вище умов. Об’єднані етилацетатні витяги кількісно, за допомогою 25 мл води Р, переносять назад у ділительну лійку і струшують 2 рази з водою Р, по 25 мл і 50 мл, відповідно, протягом 5 хв. Етилацетатні витягнення фільтрують через фільтр “біла стрічка” з 5 г натрію сульфату безводного Р у мірну колбу місткістю 50 мл. Лійку промивають 10 мл етилацетату Р і доводять вміст в мірній колбі до позначки тим самим розчинником. Об’єднані етилацетатні вилучення упарюють на водяній бані при температурі не вищій 70 °С до вологого залишку, який розчиняють у 5 мл рухомої фази А.

**Розчин порівняння.** 2,5 мг стандартних зразків (СЗ) кверцетину (Fluka), 5,0 мг СЗ ізорамнетину (Sigma), 2,5 мг СЗ апігеніну (Fluka), 5,0 мг СЗ лютеоліну (Sigma), 5,0 мг СЗ кемпферолу (Sigma), 5,0 мг СЗ мірицитину, 2,5 мг нарингеніну, 2,5 мг СЗ кофейної кислоти (Fluka), 2,5 мг СЗ ферулової кислоти (Fluka), 5 мг СЗ розмаринової кислоти (Fluka) розчиняють у розчиннику, доводять до 25 мл тим самим розчинником. 5,0 мл одержаного розчину доводять до 100 мл рухомою фазою А.

Результати ВЕРХ-аналізу представлені у таблиці 1.

**Таблиця 1 - Результати аналізу спиртових вилучень з трави чебрецю повзучого, отриманих при хроматографічних дослідженнях методом ВЕРХ (після гідролізу)**

№ з/п	Кофейна кислота		Ферулова кислота		Розмаринова Кислота		Ізосаліпурпу-зид		Мірицитин		Лютеолін		Апігенін	
	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%	S	%
Зр.1	3343	2,0	2930	1,8	24748	14,9	6102	3,7	5070	3,0	17245	10,4	1609	1,0
Зр.2	2676	3,5	2250	3,0	25708	34,0	3399	4,5	2718	3,6	4310	5,7	617	0,8
Зр.3	3927	2,1	1437	0,8	84042	45,8	1931	1,1	21534	11,7	3122	1,7	403	0,2
Зр.4	7702	3,2	2012	0,8	66235	27,9	3436	1,4	11937	5,0	13790	5,8	2516	1,1

Примітка: №1 – сировина ЧП Київської фармацевтичної фабрики;  
 №2 – сировина ЧП Житомирської ФФ «Ліктрави», с. 40810;  
 №3 – дикоросла сировина ЧП Гусятинського р-ну, Тернопільської обл. 2009 рік заготівлі;  
 №4 – дикоросла сировина ЧП Гусятинського р-ну, Тернопільської обл. 2010 рік заготівлі;  
 S – площа піку;  
 % – вміст даної БАР у відсотках, розрахований методом внутрішньої нормалізації.

З отриманих результатів ВЕРХ-дослідження фенольних сполук (після гідролізу) випливає, що головним представником флавоноїдів є лютеолін, а з фенолкарбонових кислот – розмаринова кислота, вміст яких є різний відповідно до різних зразків сировини ЧП, але – порівнюваний. Відмінність складу фенольних сполук для різних зразків сировини пояснюється, насамперед, різними умовами зростання, заготівлі і сушіння трави ЧП.

В результаті розробленої методики ідентифікації фенольних сполук трави



ЧП після проведення гідролізу, встановлено наявність у ній флавоноїдів – апігеніну, лютеоліну, мірицитину та ізосаліпурпузиду, а також гідроксикоричних кислот – кофейної, ферулової та розмаринової відповідно, що дозволило об'єктивно обрати основні та додаткові ідентифікаційні маркери якості аналізованої сировини ЧП.

### Висновки.

Розроблено ВЕРХ-методику для ідентифікації фенольних сполук у сировині чебрецю повзучого після проведення гідролізу, підібрано оптимальні умови хроматографування, в результаті чого, запропоновано додаткові маркери якості досліджуваної сировини з групи фенольних сполук при проведенні стандартизації ЛРС ЧП, а також препаратів на його основі. Також, необхідно їх прослідкувати в одержаних екстрактах ЧП і твердих капсулах відповідно.

### Література:

1. Лікарські рослини і фітотерапія (фітотерапевтична рецептура): навч. посіб. / Л. В. Бензель, Р. С. Дармограй, П. В. Олійник, І. Л. Бензель. – К.: Медицина, 2010. – 400 с.
2. F. Zani, G. Massimo, S. Benvenuti [et al.] // *Planta Med.* – 1991. – Vol. 57, № 3. – P. 237–241
3. Thyme oil. Monograph N: 1374. Concerned also monograph N 865 (*Thymi herba*) and N 1891 (*Serpylli herba*). – PA/PH/ Exp. 13A/T (09) 35 1 R. – Strasbourg: European Department for the Quality of Medicines, April 2009.
4. Компендиум 2007 – лекарственные препараты / под ред. В. Н. Коваленко, А. П. Викторова. – К.: Морион, 2007. – 2270 с.
5. Зарівна Н.О. Аналіз ринку лікарських засобів на основі чебрецю звичайного / Н. О. Зарівна, Л. В. Вронська, М. М. Михалків // – *Фармацевтичний часопис.* – 2010. – № 4. – С. 59-63
6. Державна фармакопея України: в 3 т. / Державне підприємство „Український науково-експертний фармакопейний центр якості лікарських засобів”. – 2-е вид. – Харків: Державне підприємство „Український науково-експертний фармакопейний центр якості лікарських засобів”, 2015. Т.1 – 1128 с.
7. Зарівна Н. О. До питання стандартизації трави чебрецю повзучого за вмістом флавоноїдів / Н. О. Зарівна, Л. В. Вронська // *Управління, економіка та забезпечення якості в фармації.* – 2012. – № 5(25). – С. 21-27.
8. Н. О. Зарівна Розробка методики ідентифікації флавоноїдів та фенолкарбонових кислот у лікарській рослинній сировині чебрецю повзучого/ Зарівна Н. О.// *Scientific World Journal.*- 2023.- Part 1., Issue № 17.- P. 17-22.

### References.

1. (2010) Benzell L. V., Darmohrai R. Ye., Oliinyk P. V., Benzell I. L. *Likarski roslyny i fitoterapiia (fitoterapevtychna retseptura: navch. posib.)* [Medicinal plants and phytotherapy (phytotherapeutic formulation)], – K.: Medytsyna, 400. [in Ukrainian].
2. (1991) F. Zani, G. Massimo, S. Benvenuti [*Planta Med*], 57 (3).
3. (2009) Thyme oil. Monograph N: 1374. Concerned also monograph N 865 (*Thymi herba*) and N 1891 (*Serpylli herba*). Strasbourg: European Department for the Quality of Medicines.
4. Kovalenko V. N., Vyktorova A. P. *Kompendyum– lekarstvennyye preparaty*



[Compendium- medicines]. – K. : MORYON, 2270. [in Ukrainian]. (2015)

5. (2010) Zarivna N.O. Analiz rynku likarskykh zasobiv na osnovi chebretsiu zvychainoho [Market analysis of medicinal products based on common thyme]. Farmatsevychnyi chasopys, 4, 59-63. [in Ukrainian].

6. (2015) Derzhavna Farmakopeia Ukrainy: v 3 t. [State Pharmacopoeia of Ukraine: in 3 vol.]. State Enterprise "Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality Medicines " [in Ukrainian].

7. (2012) Zarivna N. O. Do pytannia standartyzatsii travy chebretsiu povzuchoho za vmistom flavonoidiv [To the issue of standardization of creeping thyme herb by flavonoid content] Upravlinnia, ekonomika ta zabezpechennia yakosti v farmatsii, 5(25), 21-27. [in Ukrainian].

8. (2023) N. O. Zarivna Rozrobka metodyky identyfikatsii flavonoidiv ta fenolkarbonovykh kyslot u likarskii roslynnii syrovyni chebretsiu povzuchoho [Development of a methodology for the identification of flavonoids and phenolic acids in medicinal plant raw materials of creeping thyme]. Scientific World Journal, Part 1(17), 17-22. [in Ukrainian].

**Abstract.** The paper presents the development of a methodology for determining the qualitative composition of flavonoids and phenol carboxylic acids in creeping thyme grass by the method of highly effective chromatography after preliminary hydrolysis. Our previous studies have established the presence of phenolic compounds in the raw material of creeping thyme by thin-layer chromatography, as a result of which the optimal solvent system with the best separation capacity was selected (chloroform – methanol – methyl ethyl ketone – acetylacetone 70:10:5:1). This indicates the feasibility of using this solvent system as a mobile phase in TLC analysis, namely flavonoids-aglycones (luteolin, apigenin, myricetin, quercetin, kaempferol, isoramnetin). In addition, we have studied the method of highly effective chromatography (HPLC) before pre-hydrolysis to identify phenolic compounds of creeping thyme (CT). As a result, the presence of flavonoids in it was established, in particular, rutin, hyperoside, luteolin-7-O-glucoside, apigenin-7-O-glucoside and one glycoside luteolin of unknown composition. From phenol carboxylic acids found: caffeine, chlorogenic and rosemary acids. For the proper selection of identification markers of quality when standardizing the raw materials of the CT, it is necessary to investigate the qualitative composition of phenolic compounds, also, after pre-hydrolysis, therefore, it is necessary to develop a methodology for their identification by the HPLC method (after hydrolysis) for the selection of identification markers of the quality of the studied raw materials.

**Key words:** creeping thyme, phenolic compounds, highly efficient liquid chromatography, standardization.

Стаття відправлена: 13.02.23

© Зарівна Н.О.



UDC 004.4

## OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF ORTHOPEDIC REHABILITATION PRODUCTS USING COMPUTER SIMULATION

**Solomin A.V.***c.ph.-m.s., as.prof.*

ORCID: 0000-0002-5226-8813

*National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Politechnic Institute»,**Kyiv, Peremohy Ave., 37, 03056***Getun G.V.***c.t.s., prof.*

ORCID: 0000-0002-3317-3456

*Kyiv National University of Construction and Architecture,**Kyiv, Povitroflotsky Ave., 31, 03680***Ahmed Mohamed Sabri Khairy Ibrahim***National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Politechnic Institute»,**Kyiv, Peremohy Ave., 37, 03056*

**Abstract.** *The rationale for the relevance of software tools for mathematical modeling of the functioning of rehabilitation engineering products, in particular orthopedic products, is presented.*

*A computer model of an orthopedic supinator was implemented in the ANSYS environment, which lays the foundations of an engineering approach to the design of such rehabilitation tools.*

**Key words:** *supinator, rehabilitation engineering, computer model, ANSYS.*

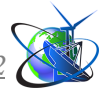
### **Introduction.**

The tasks of development and design of orthopedic products are now becoming very relevant. However, specific features of shape of such products complicate application of traditional methods of engineering analysis regarding their functioning. At the same time, the need for such analysis is obvious, because with a suboptimal choice of elastic parameters and strength of structures, not a therapeutic, but a harmful effect of rehabilitation products can be observed, or dangerous situations may arise during their operation.

This can be clearly explained on the example of an orthopedic instep, which in order to perform rehabilitative functions in flat feet must be elastic in all phases of the patient's gait. Otherwise, the effect of its use will be negative. At the same time, patients differ greatly in their weight, leg size, and the nature of their pathologies. Currently, the technologies for manufacturing rehabilitation products for such patients are based on the accumulated experience of practitioners without any engineering rationale.

Workbench ANSYS is best suited for solving relevant engineering analysis problems, which provides the ability to create parameterized computer models and further study the influence of various parameters on product characteristics.

The ANSYS computer simulation environment was created for engineering analysis of complex structures in various industries, and primarily in construction and mechanical engineering. But the technologies of this environment turned out to be extremely versatile and effective, which is promising for use in many related industries.



Currently, rehabilitation engineering tasks require improvement in terms of the mathematical apparatus used, as they are still based more on practical experience than on engineering calculations.

The advantages of mathematical modeling of processes occurring in rehabilitation engineering products are obvious and outline the prospects for their improvement and optimization.

### **Main text**

The purpose of the work is to develop a technology for optimizing parameters of orthopedic rehabilitation means using computer modeling in the ANSYS environment for engineering analysis of mechanical phenomena of elastic deformations under loads.

The proposed technology is demonstrated on the example of an orthopedic insole, but can be generalized to other orthopedic rehabilitation products.

It is known that for the purpose of complex correction of various forms of foot deformities, inserted orthopedic insoles, supinators of various shapes and functional purposes are used. The main function of insoles is mechanical lifting of the inner arch of the foot and its support during movement and standing. Medical indications for the use of insoles-supinators are static deformations, flat feet, flattening of the front parts of the feet (transverse flat feet). The use of hard correctors (metal, plastic, cork, a mixture of cork crumbs with nitro varnish) is contraindicated, because they do not have elasticity and cause damage to deformed feet. Elastic correctors, along with the supporting function, perform a constant massage that strengthens the musculo-ligamentous apparatus of the foot. Among the available materials, the most effective is foamed polyethylene, which is easily molded and has such properties as elasticity, flexibility, hygroscopicity, thermal insulation [1]. An important advantage of this material is the possibility of changing its mechanical properties during production by controlling the foaming conditions

In terms of structure, the real rehabilitation insole is quite complex and has several different elements depending on the type of deformation of patient's foot. But these elements are quite similar to each other in their drop-like shape and differ in size, height of rise and location on the plane of foot. Therefore, the task of initial stage of computer modeling was formulated as an engineering analysis of deformations of such a typical droplet-shaped element. It should be noted that in some cases of simplest deformations of the foot, for example, only longitudinal flat feet, such an element fully reproduces the function of instep. In other situations, the supinator has several similar elements.

The maximum degree of its deflection should serve as an indicator of correctness of the instep design, because this parameter is responsible for supporting the arch of the foot. That is, in the case of significant deformation up to disappearance of elasticity of the product, its rehabilitation function will be reduced. Therefore, the main numerical result of the computer model study should be the maximum degree of deflection.

To create a 3D computer model of instep, the authors used powerful capabilities of ANSYS Workbench modeling toolkit and corresponding forms from the work [1].

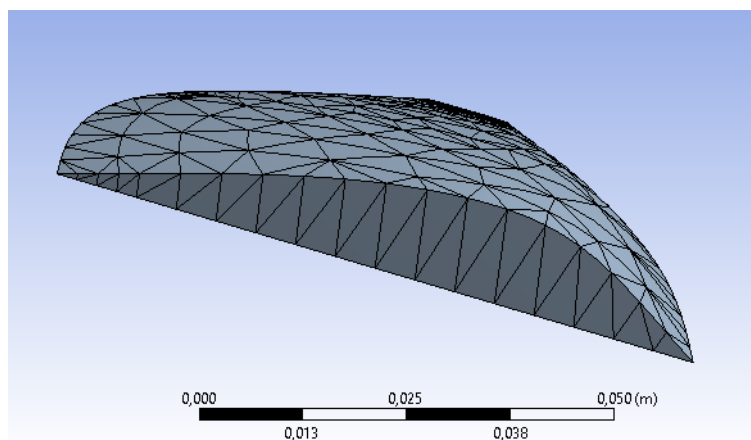
The geometric model was created based on sketches of intersections of the





modeling object. First, sketches of two cross-sections of the instep were reproduced using splines of curves: on the inner part of foot in the shape of the pattern from the work [1], and on the outer part in a shape close to a straight line at the base of the sole. The 3D model of droplet-like element of the instep was obtained by drawing technology along two sections (Skin / Loft). When parametrizing model, the dimensions are first set for an averaged patient, and the typical parameters of material polyethylene foam (modulus of elasticity, Poisson's ratio, specific density, etc.) are also set, as well as the averaged load from above in the form of vertical pressure. In the future, all these numerical values of quantities are parameterized, that is, they are given names and the possibility of changes during analysis of the completed model.

The finite element mesh parameters for numerical analysis are left at default. The model with superimposed grid is shown in Figure 1.



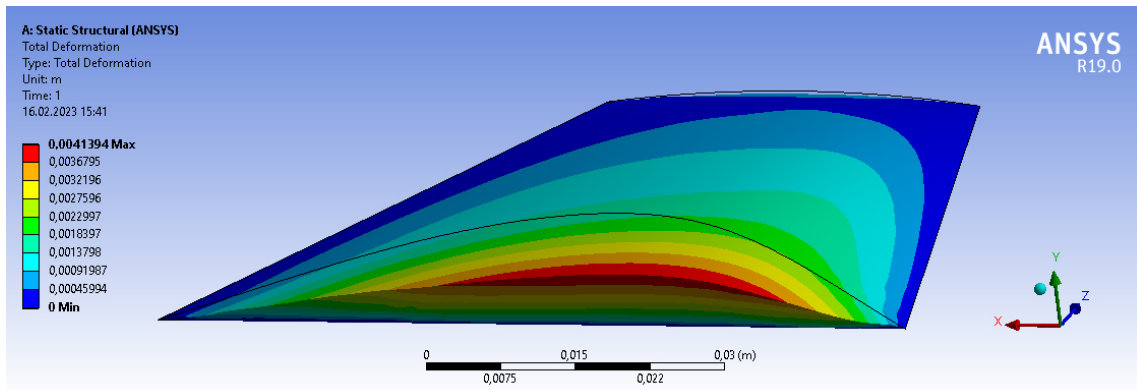
**Figure 1 – 3D model of an instep element with an overlaid finite element mesh**

After calculations by ANSYS processor of the correspondingly created model, the results of stresses, deformations and other parameters of grid nodes of the model are obtained, which can be further displayed in a user-friendly form. These can be appropriate tables, graphs, charts. For processing and presenting the results of calculations in a convenient form in ANSYS environment, there is a special powerful post-processing module that provides the possibility of additional processing of results through user-entered formulas and code fragments or standard library functions.

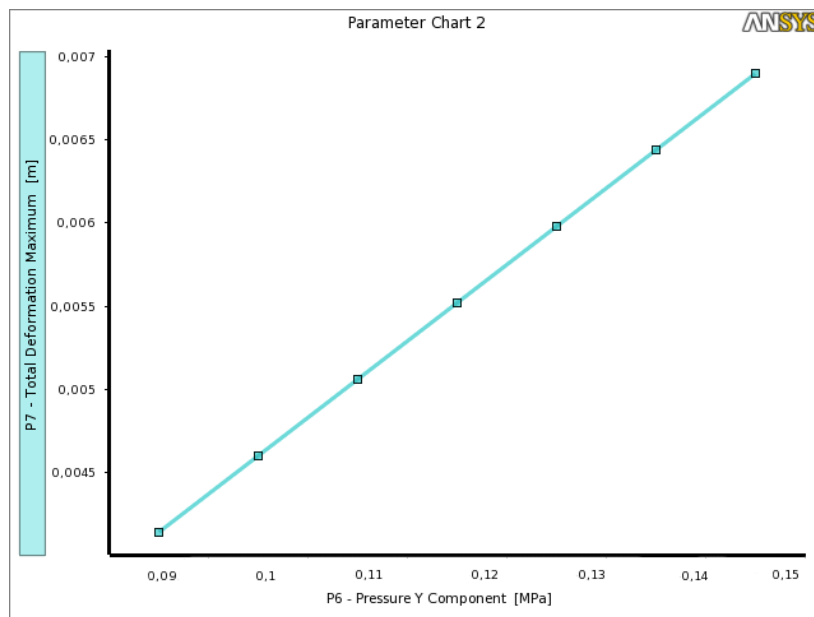
For example, one of the options for presenting results of calculations in the form of a deformations diagram along the plane of instep element is shown in Figure 2.

The insole parameters for the average patient and material are chosen: length 0.08m, width 0.06m, height in the undeformed state 0.012m, material density 7850kg/m<sup>3</sup>, Young's modulus 300000Pa, Poisson's ratio 0.42.

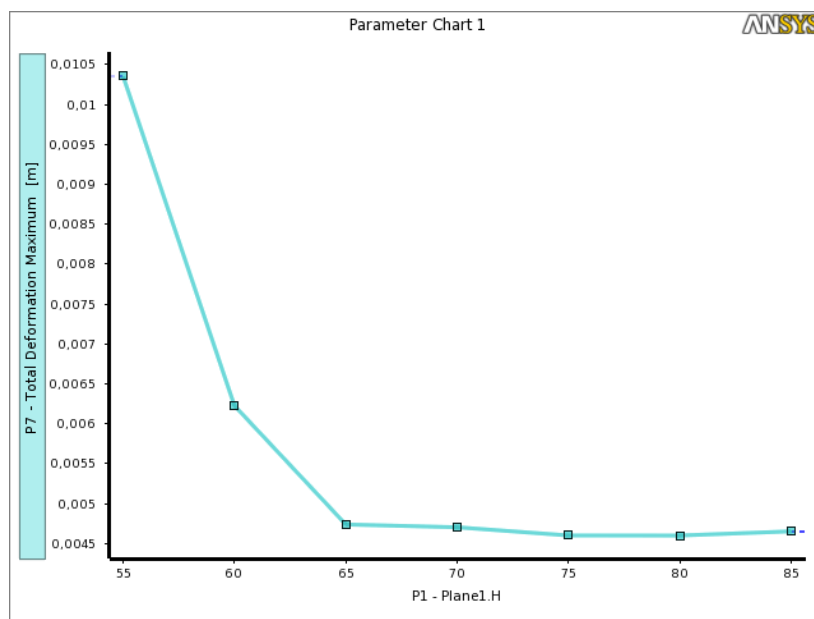
Here, the degree of deformation in corresponding points of the plane of instep element is indicated by color or intensity of gray. As you can see, the value of maximum deformation is highlighted on diagram. At the same time, it is clear that the deformation depends on many factors, such as dimensions of instep element, material parameters, the patient's weight, the size of his foot, and so on.



**Figure 2 – Presentation of results in the form of a deformations diagram in the instep element**



**Figure 3 – Graph of dependence of the maximum deformation on the load (pressure on surface of the instep)**



**Figure 4 – Graph of dependence of the maximum deformation on the length of the instep**



Parameterization of the model provides an opportunity to study dependencies between its target characteristics and independent parameters. As an example, in the graphs of Figure 3 and Figure 4 are shown the obtained dependences of maximum deformation on the load (pressure on the surface) and on the length of instep. The pressure is related to the patient's weight, and the length is related to the size of his foot.

As can be seen from the graphs, based on results of modeling the stress and deformation processes in rehabilitation product, it is possible to optimize the parameters of rehabilitation products depending on patient's characteristics.

### **Summary and conclusions.**

The use of ANSYS environment is promising in solving the problems of rehabilitation engineering, where practical experience of specialists, rather than exact mathematical calculations, dominates so far. The paper shows possibility of building a model and engineering analysis of the functioning of different complex orthopedic products.

### **References:**

1. Vikhlyaev Yu.M. (2006). Correction of the functional state of students by technical means: Monograph . - K.: NTUU "KPI", 2006. - 308 p.

Article sent: 18.02.2023

© Solomin A.V.



## EFFECT OF ADEMETHIONINE ON THE PROTEOLYTIC AND FIBRINOLYTIC ACTIVITY IN KIDNEYS OF RATS WITH RABDOMYOLITIC ACUTE KIDNEY INJURY

**Drachuk Vira**

*PhD, associate professor*

<https://orcid.org/0000-0001-5814-9674>

**Zamorskii Igor**

*Doctor of Medical Sciences, professor*

<https://orcid.org/0000-0003-0947-6729>

**Shchudrova Tetiana**

*PhD, associate professor*

<https://orcid.org/0000-0003-4186-2013>

**Kopchuk Tamara**

*PhD, associate professor*

<https://orcid.org/0000-0001-5547-0243>

**Goroshko Olexandra**

*PhD, associate professor*

<https://orcid.org/0000-0002-1341-3010>

**Dikal Mariana**

*PhD, associate professor*

<https://orcid.org/0000-0002-9787-6193>

*Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, sq. Teatralna 2, 58000*

**Abstract.** *In an experimental study on a model of rhabdomyolysis-induced acute kidney injury, the dynamics of the main indicators of the proteolytic and fibrinolytic system were found. In the animals of the group of model pathology, inhibition of the fibrinolysis system was found, which was realized by a decrease in enzymatic fibrinolytic activity, and as a result, total fibrinolytic activity. In terms of the proteolytic activity of the kidney tissue, inhibition of the lysis of collagen, low- and high-molecular proteins was found. The use of ademethionine led to the restoration of proteolytic and fibrinolytic activity in the kidneys under the conditions of the development of rhabdomyolytic acute kidney injury.*

**Key words:** *proteolysis, fibrinolysis, rhabdomyolysis-induced acute kidney injury, ademethionine.*

### Introduction

In recent years, the concept of AKI has undergone significant changes and finally fixed the main mechanisms of development and symptom complexes of this pathology depending on the etiology, although it has been proven that the pathogenesis of AKI is complex and only to a certain extent depends on the cause of its occurrence. Taking into account the significant prevalence of AKI, which is on average 5% of all hospitalized patients, about 20% of patients in intensive care units [1], with the majority of surgical and obstetric hospital patients, mortality from AKI can reach up to 80% in certain groups of patients (children and elderly age, multiple organ failure), especially where the loss of renal function is combined with the development of multiorgan failure [2]. Therefore, for the pharmaceutical and medical community, the issue of finding new and improving existing methods of pharmacotherapy, including etiological, pathogenetic and symptomatic ways of correcting AKI, does not lose its relevance.



Rhabdomyolysis is a frequent cause of AKI, and accounts for about 10-30%, while the mortality rate of patients can reach 8%. The occurrence of rhabdomyolysis can be preceded by factors of both traumatic and non-traumatic genesis, caused by the toxic effect of alcohol, drugs, metabolic or electrolyte disorders, infections, etc. [3]. The main pathogenetic mechanism of the development of rhabdomyolysis is the formation of extensive muscle myolysis, the release of a large amount of heme-containing myoglobin, which leads to myoglobinuria, renal vasoconstriction and vascular dysfunction with the development of obstruction of renal tubules by myoglobin cylinders and acute tubular necrosis. In addition, during muscle damage, a large amount of thromboplastin is released, which leads to the activation of intravascular blood coagulation, and, as a result, the formation of microthrombi in the kidney parenchyma with the development of ischemia, as a result of the activation of the coagulation system with the simultaneous inhibition of the fibrinolytic system, which is often accompanied by the development of fibrosis [5, 6]. Therefore, the system of regulation of the aggregate state is, on the one hand, an important factor in the development of AKI, and on the other hand, a component that can be controlled and influenced to improve the course of AKI.

Taking into account the pathogenesis of rhabdomyolysis-induced AKI, the development of which is accompanied by microcirculation dysfunction, changes in the structure and functions of tubular epithelial cells, the development of hypoxia, oxidative stress, due to the generation of a large number of free oxygen radicals, the initiation of a cascade of inflammatory reactions, cytokines, chemokines, activation of leukocytes, adhesion molecules, with a predominant damage to tubular epithelial and vascular endothelial cells, which subsequently leads to necrosis and apoptosis of nephrocytes, an important stage of research in rhabdomyolysis-induced AKI was the evaluation of the proteolysis and fibrinolysis system, since its dysfunction is one of the key factors in the activation of inflammatory reactions and fibrinogenesis, due to the breakdown of regulatory proteins [6, 7].

Ademethionine is an active sulfur-containing metabolite of methionine, a natural antioxidant, the activity of which is ensured by the presence of an active sulfur atom and CH<sub>3</sub>- group in its chemical structure. Participates in three main reactions: transmethylation, transsulfuration and aminopropylation, is a precursor of glutathione and taurine. According to the pharmacological classification, it belongs to the group of hepatoprotectors [8, 9]

**The purpose** of the experimental work was to study the changes in proteolysis/fibrinolysis of kidney tissues after administration of ademethionine under conditions of development of rhabdomyolysis-induced AKI.

#### **Materials and methods.**

The experiments were conducted on 21 nonlinear mature white rats weighing 130-180 g, kept in the vivarium conditions at constant temperature and humidity, free access to water and food (full value fodder for the laboratory animals). Animals were randomly distributed into three groups (n=7): group I – control, group II – animals with rhabdomyolysis-induced AKI, which were intramuscularly injected with a 50% solution of glycerol at a dose of 8 mg/kg and decapitated for 24 hours of the experiment under light ether anesthesia [10], group III – administration of



Ademethionine (Heptral, "Abbott spa", Italy, Italy) at a dose of 20 mg/kg. The drug was administered within 6 days after simulation of rhabdomyolysis-induced AKI. Dose of Ademethionine was determined in accordance with the literature and the results of own experiments [11]. All studies were carried out following the criteria outlined in the European Union Directive 2010/63/EU "On the protection of animals used for scientific purposes" (2010) [12]

The study materials were kidney homogenates. The state of proteolytic activity was determined based on the reaction with azo compounds (azoalbumin, azocasein, and azocollagen ("biomark", Lviv). The principle of the method is based on the lysis of albumin, collagen, and casein associated with an azo dye, which gives a bright red color in an alkaline environment. Determination of optical densities were performed at a wavelength of 440 nm, proteolytic activity was expressed in E440/(ml/h) [13].

The principle of the method of tissue fibrinolytic activity is that when azofibrin is incubated with a standard amount of plasminogen in the presence of fibrinolysis activators, which are contained in urine, blood plasma or in tissues, plasmin is formed. The activity of the latter is estimated by the degree of coloration of the solution in an alkaline environment due to the lysis of azofibrin in the presence of  $\epsilon$  aminocaproic acid (non-enzymatic fibrinolysis) or without it (total enzymatic activity). Enzymatic fibrinolysis is determined by the difference between total and non-enzymatic tissue activity. Indicators of fibrinolytic activity were expressed in E440/(ml/h) [14].

### Results and discussion.

With rhabdomyolysis-induced AKI, a significant decrease in enzymatic fibrinolytic activity by 5.7 times was recorded in kidney tissue, which led to a decrease in total fibrinolytic activity by 1.3 times compared to the indicators of intact controls. The same difference was observed when assessing non-enzymatic fibrinolytic activity (Table 1). Probably, inhibition of the fibrinolysis system was a consequence of damage to the proximal tubules of the nephron by myoglobin, which led to the development of urothrombosis and a decrease in the filtration capacity of the kidneys. Changes in the non-enzymatic link were also observed: in animals with model pathology.

**Table 1 - State of fibrinolysis in kidney tissue of rats during administration Ademethionine under rhabdomyolysis-induced AKI (M $\pm$ m, n=7)**

A group of animals	Total fibrinolytic activity, E440/(h $\times$ mg)	Non-enzymatic fibrinolytic activity, E440/(h $\times$ mg)	Enzymatic fibrinolytic activity, E440/(h $\times$ mg)
Intact control	17,27 $\pm$ 1,16	11,55 $\pm$ 0,80	7,84 $\pm$ 0,98
Rhabdomyolysis-induced AKI	12,91 $\pm$ 0,59 <sup>#</sup>	8,43 $\pm$ 0,32 <sup>#</sup>	1,36 $\pm$ 0,99 <sup>##</sup>
Rhabdomyolysis-induced AKI + Ademethionine	20,51 $\pm$ 0,52 <sup>**</sup>	11,95 $\pm$ 0,77 <sup>**</sup>	10,97 $\pm$ 0,84 <sup>**</sup>

<sup>#</sup>*p*<0.05 versus control; <sup>\*\*</sup>*p*<0.05 versus rhabdomyolysis-induced AKI



When using ademethionine against the background of Rhabdomyolysis-induced AKI, an increase in the activity of fibrinolysis was noted, where the drug contributed to the recovery of the activity of the total fibrinolytic activity: by 58.8%, probably due to the non-enzymatic fibrinolytic activity by 41.7%, with a significant increase in the enzymatic component.

From the side of proteolytic activity of the kidney tissue, collagen lysis was inhibited by 1.6 times, which is a factor in the chronicity of the pathological process in the kidneys. A significant suppression of the lysis of low-molecular-weight proteins by 2.2 times was also found (see Table 2).

The use of ademethionine normalized the state of proteolysis in kidney tissue. Administration of the drug was characterized by a 2.3-fold increase in the lysis of low-molecular-weight proteins and 2.3-fold increase in collagen lysis, compared to the group of animals with model pathology. Also, in the group of treated animals, there was a tendency to increase the proteolytic activity of the kidney tissue in relation to high molecular weight proteins by 35.2%, which became more reliable under the influence of the studied agent (see Table 2).

**Table 2 - The state of proteolysis in the tissue of the kidneys of rats with the introduction of ademethionine under the conditions of the development of Rhabdomyolysis-induced AKI in rats (M±m, n=7)**

A group of animals	Lysis low-molecular proteins E440/(h×mg)	Lysis of high molecular weight proteins E440/(h×mg)	Lysis collagen E440/(h×mg)
Intact control	45,52±0,59	16,44±0,66	1,56±0,99
Rhabdomyolysis-induced AKI	20,73±0,82 <sup>#</sup>	14,76±0,17	0,98±0,06 <sup>##</sup>
Rhabdomyolysis-induced AKI + Ademethionine	47,94±0,35 <sup>**</sup>	19,95±0,91 <sup>**</sup>	2,23±0,08 <sup>**</sup>

<sup>#</sup>*p*<0.05 versus control; <sup>\*\*</sup>*p*<0.05 versus rhabdomyolysis-induced AKI

These effects of the drug are probably due to its physiological functions, the ability to promote the restoration of epitheliocytes by stimulating the synthesis of phosphatidylcholine of cell membranes throughout the nephron, due to the anti-inflammatory properties of the drug. In addition, as a result of the transsulfuration reaction, ademethionine acts as a precursor of taurine and glutathione and provides a redox mechanism of cellular detoxification, increases the energy potential of cells, reduces the content of methionine in the blood plasma, and normalizes the metabolic reactions of cells.

**Conclusions.** The obtained results indicate the ability of ademethionine to restore proteolytic and fibrinolytic activity in the kidneys under the conditions of the development of rhabdomyolytic acute renal failure, which reduces the risk of chronicity of the pathological process. probably due to the antioxidant and cytoprotective effects of ademethionine.



## References

1. Заморський, І.І., Унгурян, Т.М. (2018), “Активність протеолізу та фібринолізу в нирковій тканині за гострого пошкодження нирок на тлі введення церулоплазміну”, *Український журнал медицини, біології та спорту*, no 3 (12), pp. 16-19.
2. Гончарь, М.О., Муратов, Г.Р., Аленіна, І.С., Галдіна, І.М., Омельченко, О.В., Іщенко, Т.Б., (2020), *Діагностика гострого ураження нирок у дітей: метод. вказівки для підготовки до диференційного заліку для студентів V-VI курсів та інтегрованого практично-орієнтованого іспиту випускників медичних вузів IIIIV рівнів акредитації, лікарів-інтернів, педіатрів, лікарів загальної практики – сімейної медицини* / упор. Затолока Д.В. Харків: ХНМУ, Україна.
3. Горошко, О.М., Заморський, І.І., Шпичак, О.С., Богдан, Н.С., Паламар, А.О., Драчук, В.М. (2017), “Вплив ліпофлавонолу на фібринолітичну активність у здорових щурів при тривалому введенні”, *Український біофармацевтичний журнал*, no 5 (52), pp. 31-34.
4. Torres, P.A., Helmstetter, J.A., Kaye, A.M., Kaye, A.D. (2015) “Rhabdomyolysis: pathogenesis, diagnosis, and treatment”, no 15(1), pp. 58-69.
5. Nayak, S., Jindal, A. (2015) “Myoglobinuria and acute kidney injury”. *Journal of Integrative Nephrology and Andrology*, no 2(2), pp. 50–54.
6. Apeland, T., Danielsen, T., Staal, E.M., et al. (2017), “Risk factors for exertional rhabdomyolysis with renal stress”, *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, no3:e000241. doi: 10.1136/bmjsem-2017-000241.
7. Esposito, P., Estienne, L., Serpieri, N., Ronchi, D., Comi, G.P., Moggio, M., Peverelli, L., Bianzina, S., Rampino, T. (2018), “Rhabdomyolysis-Associated Acute Kidney Injury”, *Am J Kidney Dis*, no 72(3), pp. 468. doi: 10.1053/j.ajkd.2018.03.009.
8. Yan, L., Liang, X., Huang, H., Zhang, G., Liu, T., Zhang, J., Chen, Z., Zhang, Z., Chen, Y. (2019), “S-Adenosylmethionine Affects Cell Cycle Pathways and Suppresses Proliferation in Liver Cells”, *J Cancer*, no 10(18), pp. 4368-4379. doi: 10.7150/jca.25422.
9. Antoniv, A., Antofiychuk, N., Danylyshina, T., Trefanenko, I., Shuper, V. (2017), “Clinical efficacy of s-adenosylmethionine in patients with non-alcoholic steatohepatitis and chronic kidney disease I-II stage”, *Georgian Med News*, no 273, pp. 31-36.
10. Singh, A.P., Junemann, A., Muthuraman, A., Jaggi, A.S., Singh, N., Grover, K., Dhawan, R. (2012). “Animal models of acute renal failure”, *Pharmacol Rep*. No 64(1), pp. 31-44. doi: 10.1016/s1734-1140(12)70728-4.
11. Заморський, І.І., Драчук, В.М., Горошко, О.М. (2015), “Вплив адеметіоніну стан прооксидантно-антиоксидантного балансу в щурів при гліцероловій гострій нирковій недостатності”, *Медична та клінічна хімія*, no 3(64), pp. 29–34.
12. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council on the protection of animals used for scientific purposes, *Official J of the European Union*. L276 (53), 332010 (2010).





13. Веремеєнко, К.Н., Голобородько, О.П., Кизим, А.И. (1988), *Протеоліз в нормі і патології*, К.: Здоров'я. Україна.

14. Висоцька, В.Г., Пішак, В.П., Магаляс, В.М., Дікал, М.В., Самараш, В.С. Спосіб визначення тканинної фібринолітичної активності: пат. 30727 України. №98042121; заявл. 28.04.1998; опубл. 15.12.2000, Бюл. №7.



УДК 615.454.1.01;355.72

## REASONING OF QUALITATIVE COMPOSITION OF MODERN WOUND-HEALING AGENTS BASED ON DECAMETOXIN AND METHYLURACIL FOR THE NEEDS OF THE MEDICAL SERVICE OF THE ARMED FORCES OF THE UKRAINE

### ОБГРУНТУВАННЯ ЯКІСНОГО СКЛАДУ СУЧАСНИХ РАНОЗАГОЮЮЧИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ ДЕКАМЕТОКСИНУ ТА МЕТИЛУРАЦИЛУ ДЛЯ ПОТРЕБ МЕДИЧНОЇ СЛУЖБИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

Solomennyi A.M. / Соломенний А.М.

c.pharm.s., as.prof. / к.фарм.н., доц.

ORCID: 0000-0002-9562-8321

Ukrainian Military Medical Academy, Kiev, Princes of Ostrog str. 45/1, 01015

Українська військово-медична академія, м. Київ, вул. Князів Острозьких 45/1, 01015

**Анотація.** Автором проведено обґрунтування концентрації метилурацилу (*in vivo*) та декаметоксину (*in vitro*) для розробки складу, технології та проведення біофармацевтичних досліджень мазі антимікробної та ранозагоювальної дії з метилурацилом, декаметоксином та ментолом. Визначено якісний склад мазі антимікробної та ранозагоювальної дії з метилурацилом та декаметоксином, а саме: встановлено, що модельний зразок з концентрацією метилурацилу 3 % виявив найбільш (у порівнянні з іншими модельними зразками) виражену протизапальну активність, оптимальною за своїми властивостями є концентрація декаметоксину – 0,1 %. Дані дослідження сприятимуть подальшій розробці сучасних ранозагоювальних лікарських засобів.

**Ключові слова:** метилурацил, декаметоксин, ранозагоювальний лікарський засіб, рана.

**Вступ.** Однією з найбільших проблем, що постає перед військовими лікарями в мирний час, а також є особливо актуальною при веденні бойових дій в умовах російсько-української війни та, ймовірно, буде потребувати вирішення на етапі наступного лікування і реабілітації поранених військовослужбовців, є оптимізація схем місцевого лікування ран та профілактики ранової інфекції, яке повинно здійснюватися у суворій відповідності з фазами ранового процесу [1-3, 7, 10].

Медичне постачання є невід'ємною складовою частиною медичного забезпечення, призначеною для своєчасного і безперебійного постачання військ медичною технікою і майном з метою всебічного виконання комплексу лікувально-профілактичних, санітарно-гігієнічних та протиепідемічних заходів. Реалізація зазначених заходів є передусім обов'язком кожної держави – фундаментальний принцип, що лежить в основі матеріально-технічного забезпечення військових операцій Північно-атлантичного альянсу – це принцип колективної відповідальності країн-учасниць і структур, створених НАТО з метою розвитку співпраці у цій сфері [12]. Разом з цим досить важливим для медичної служби є створення «запасів» – накопичення достатньої кількості лікарських засобів та інвентарного майна, яке необхідне для задоволення потреб медичної служби Збройних сил України, що зберігаються у військових частинах, на медичних складах, в центрах формування та зберігання медичного майна і техніки непорушного запасу, з метою їх подальшого використання за призначенням. Основною метою створення запасу матеріальних запасів є



забезпечення стратегічного, оперативного та військового резерву на випадок застосування військ (сил), попередження ймовірності порушення встановлених графіків постачання, сезонні захворювання особового складу військовослужбовців, а також потреба негайного задоволення вимог медичної служби Збройних сил України у повному обсязі тощо [13].

Досить важливим на сьогоднішній день є питання наявності та накопичення для потреб медичної служби Збройних сил України ефективних ранозагоювальних лікарських засобів. Ранозагоювальні препарати, що знаходяться на оснащенні підрозділів військово-медичної служби мають ряд недоліків, серед яких основними є недостатня регенеративна активність, високий ризик мікробної контамінації рани та необхідність частішої заміни на рановій поверхні [11].

Саме тому надзвичайно перспективними стають дослідження, спрямовані на створення сучасних ранозагоювальних лікарських засобів, а саме: розробку технологічних схем отримання сучасних м'яких лікарських засобів комплексної дії вітчизняного виробництва для лікування ранового процесу, що не вимагають частішої зміни у процесі медикаментозного забезпечення військовослужбовців.

**Матеріали та методи дослідження.** На даному етапі метою нашого дослідження було обґрунтування концентрації метилурацилу (*in vivo*) та декаметоксину (*in vitro*) для розробки складу, технології та проведення біофармацевтичних досліджень мазі антимікробної та ранозагоювальної дії з метилурацилом, декаметоксином та ментолом.

Дослідження проводилася за наступними етапами:

- дослідження антиексудативної (протизапальної) активності з метою встановлення оптимальної концентрації метилурацилу;
- дослідження антиальтеративної активності модельних зразків на моделі стандартних шкірних ран у щурів;
- обґрунтування концентрації декаметоксину (*in vitro*).

Дослідження антиексудативної (протизапальної) активності проводили на моделі термічного запалення лап білих безпородних мишей масою тіла 17–22 г.

Протизапальну активність розраховували за формулою (1).

$$A = 100\% - \frac{(M_{00} - M_{30})100}{M_{0k} - M_{3k}}, \quad (1)$$

де:  $A$  – протизапальна активність, %;

$M_{00}$  – маса набряклої лапи у досліді, мг;

$M_{30}$  – маса здорової лапи у досліді, мг;

$M_{0k}$  – маса набряклої лапи у контролі, мг;

$M_{3k}$  – маса здорової лапи у контролі, мг.

Біологічні дослідження проводились на базі віварію Національного університету охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика під керівництвом доцента Наумової М. І. згідно методичних рекомендацій [6] методом *in vivo* (модель стандартних шкірних ран) на білих щурах масою 200–240 г. Дана модель є найбільш поширеною для вивчення антиальтеративної активності та



дає змогу простежити лікувальну дію препарату при альтеративному запаленні та його вплив на загоєння ран.

Під гексеналовим наркозом формували стандартні рани шкіри діаметром 10 мм та глибиною скарифікованої рани від 1,5 до 5 мм. На попередньо депільовану поверхню наносили стандартного діаметру та глибини шкірну рану шляхом повертання тісно притиснутого до шкіри скарифікатора згідно методичних рекомендацій [6].

Для оцінки антиальтеративної активності використано показник площі ( $S$ ) рани ( $\text{мм}^2$ ), який вимірювали планіметрично. За цим показником розраховували відсоток активності досліджуваних ЛЗ відносно нелікованих тварин [7].

Визначення площі рани з наступним обчисленням швидкості загоєння рани проводили за методикою А. В. Стефанова [5].

Швидкість загоєння ран розраховували за формулою (2):

$$V = \frac{S_y - S_t}{S_y} 100\% , \quad (2)$$

де:  $V$  – швидкість загоєння рани (%);

$S_y$  – початкова площа рани (мм);

$S_t$  – площа рани в день вимірювання (мм).

Статистична обробка отриманих даних здійснювалася за методикою Державної фармакопеї України [4, 7].

### **Результати дослідження та їх обговорення.**

Після отримання ран різної етіології, у тому числі вогнепальних, спрямованість боротьби з рановою інфекцією ускладнюється тим, що часто рани інфіковані патогенними антибіотико-резистентними штамми стафілококів, умовно патогенною мікрофлорою, а також мікробними асоціаціями. У виникненні гнійних ускладнень зростає роль антибіотикорезистентної внутрішньогоспітальної інфекції.

Процес формування резистентності мікроорганізмів у рівній мірі поширюється не тільки на групу антибіотиків, але і на традиційні антисептики, що істотно ускладнює лікування ран і вимагає створення препаратів із широким спектром антибактеріальної дії, а також з протизапальним та знеболюючим ефектами [11].

Рани характеризуються наявністю серозно-геморагічного ексудату, пошкодженням сполучно-епітеліальної тканини, колікваційним некрозом, дегенеративно-запальний типом ранових відбитків, перифокальним запаленням країв рани, а також наявністю незначної адаптації стінок і країв рани.

Дослідженню піддавали модельні зразки з вмістом метилурацилу від 1 до 3 % при постійній концентрації декаметоксину 0,1 %. Кількість ментолу в усіх зразках складала 0,5 %, що відповідає концентрації ментолу в готових ЛЗ для зовнішнього застосування (Диклофен-гель, мазь Бороментол, Вікс актив бальзам, мазь Хелпекс ефект тощо).

Обґрунтування вибору концентрації метилурацилу проводили на підставі досліджень специфічної активності – антиальтеративної та антиексудативної [6, 8, 9].



Дослідження антиексудативної (протизапальної) активності з метою встановлення оптимальної концентрації метилурацилу проводили на моделі термічного запалення лап білих безпородних мишей масою тіла 17–22 г.

Протизапальну активність розраховували за формулою (1).

В дослідах всі тварини були розділені на 5 груп по 5 мишей у кожній.

1 група – контрольна;

2 група – миші, яким наносили препарат мазь метилурацилова 10 %;

3 група – миші, яким наносили зразки з вмістом метилурацилу 5 %;

4 група – миші, яким наносили зразки з вмістом метилурацилу 3 %;

5 група – миші, яким наносили зразки з вмістом метилурацилу 1 %.

Результати порівняльних досліджень протизапальної активності модельних композицій та препаратів порівняння представлені в табл. 1.

**Таблиця 1 – Протизапальна активність модельних зразків гелю на моделі термічного запалення лапи у мишей ( $n = 5$ ,  $P 95\%$ )**

Група тварин	Середня різниця в масі набряклої та здорової лапи мишей, мг	Протизапальна активність, %
1. Контрольна патологія	621,4 ± 11,3	–
2. Мазь метилурацилова 10 % – препарат порівняння	461,7 ± 13,2	23,71
3. Зразок із метилурацилом 5 %	469,2 ± 11,3	32,84
4. Зразок із метилурацилом 3 %	441,4 ± 9,73	36,87
5. Зразок із метилурацилом 1 %	481,6 ± 13,4	30,32

*Авторська розробка*

Аналіз даних таблиці 1, показав, що всі модельні зразки мають протизапальну активність, оскільки середня різниця маси набряклої та здорової лапи мишей в досліджуваних групах вірогідно відрізнялась від цієї різниці у групі контрольної патології. Необхідно відмітити, що модельний зразок з концентрацією метилурацилу 3 % виявив найбільш виражену протизапальну активність – 36,87 %. Тому нами обрано зразок з метилурацилом 3 %.

Мазь метилурацилова 10 % – препарат порівняння, виявив протизапальну активність 23,71 %, що значно менше від протизапальної активності зразка з метилурацилом 3 %. Це пов'язано з наявністю не тільки декаметоксину у складі зразка мазі, але і природою основи. Препарат порівняння представлено гідрофобною основою, а розроблений зразок – емульсійною. Отже, проведені дослідження показали доцільність обраної концентрації метилурацилу 3 %.

*Дослідження антиальтеративної активності модельних зразків на моделі стандартних шкірних ран у щурів.* Дослідження проведені на білих щурах масою 200–240 г. Під гексеналовим наркозом формували стандартні рани шкіри діаметром 10 мм та глибиною скарифікованої рани від 1,5 до 5 мм. На попередньо депільовану поверхню наносили стандартного діаметру та глибини шкірну рану шляхом повороту тісно прижатого до шкіри скарифікатора згідно методичних рекомендацій акад. О. В. Стефанова [6]. Препарат порівняння –



мазь метилурацилова (виробництво Україна) з вмістом метилурацилу 10 %.

Для оцінки антиальтеративної активності застосовано показник площі (S) рани (мм<sup>2</sup>), яку вимірювали планіметрично. За цим показником розраховували відсоток активності модельних зразків відносно нелікованих тварин. Антиальтеративну активність модельних зразків визначали за формулою (2).

Щури були поділені на групи:

- 1 група – контрольна;
- 2 група – щури, яким наносили препарат мазь метилурацилова 10 %;
- 3 група – щури, яким наносили зразки з вмістом метилурацилу 5 %;
- 4 група – щури, яким наносили зразки з вмістом метилурацилу 3 %;
- 5 група – щури, яким наносили зразки з вмістом метилурацилу 1 %.

Результати дослідження наведені в табл. 2.

Показник швидкості загоєння рани є відносним і дає можливість характеризувати динаміку перебігу ранового процесу незалежно від різниці величини площі ран. Розрахунки проводили згідно формули, яка наведена в матеріалах та методах.

Результати досліджень динаміки скорочення площі поверхні рани представлені в табл. 2.

**Таблиця 2 – Планіметричні показники мазі та препарату порівняння на моделі асептичних шкірних виразок у щурів ( $n = 5, P 95 \%$ )**

Дні лікування	Показник	Група тварин				
		1	2	3	4	5
1-й	S	1,014	1,018	1,024	1,023	1,019
3-й	S	0,968	0,965	0,972	0,972	0,971
	V	4,910	4,921	5,084	4,911	4,514
5-й	S	0,910	0,883	0,539	0,522	0,598
	V	10,612	13,352	47,163	49,218	41,845
7-й	S	0,753	0,547	0,269	0,171	0,311
	V	26,732	46,364	74,168	73,724	70,138
9-й	S	0,664	0,347	0,034	0,017	0,112
	V	35,563	66,602	97,64	100	89,95
11-й	S	0,518	0,113	0,010	–	0,01
	V	49,318	88,616	100	–	100
13-й	S	0,421	0,091	–	–	–
	V	59,142	91,553	–	–	–
15-й	S	0,292	0,028	–	–	–
	V	70,928	98,451	–	–	–
17-й	S	0,201	0,011	–	–	–
	V	79,567	100	–	–	–

Авторська розробка

Примітки: S – площа асептичних виразок, см<sup>2</sup>;

V – швидкість загоєння ран – відсоток активності досліджуваних ЛЗ відносно нелікованих тварин, %.



Аналіз даних таблиці показав, що починаючи з 5-го дня експерименту площа ран у щурів усіх груп почала скорочуватись. Якщо повне загоєння рани у групі порівняння (2 група) спостерігається на 17-й день лікування, то у групах 3 – 5 відбувається на 11-й, 9-й та 11-й день лікування відповідно.

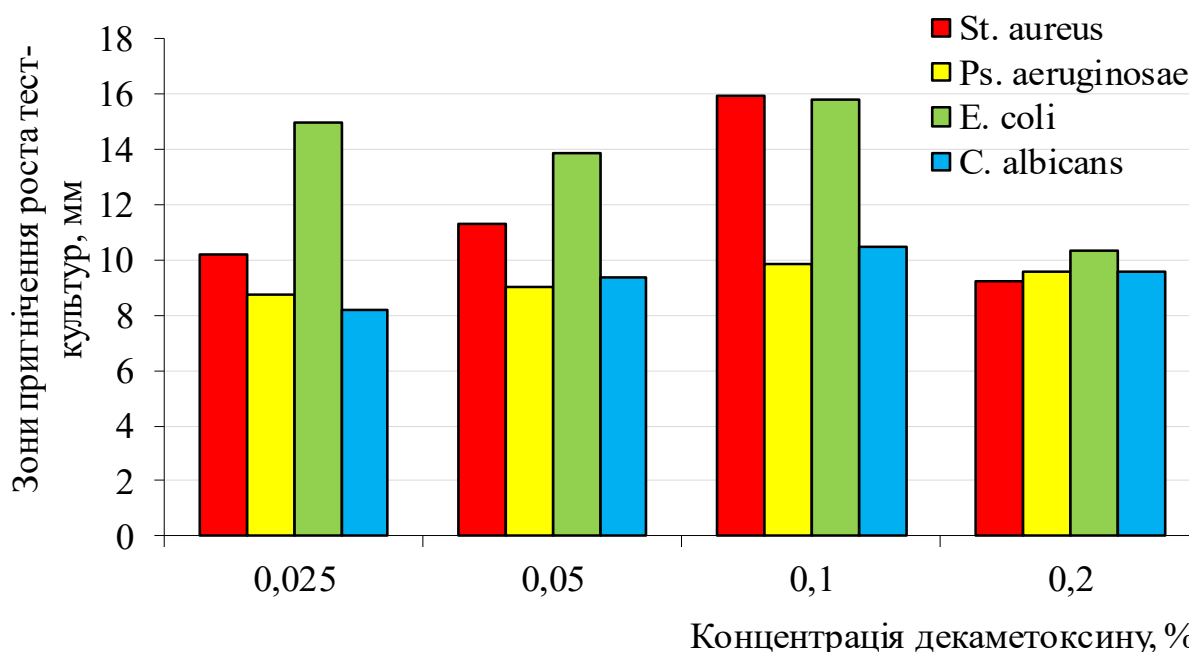
Експериментальними дослідженнями доведено, що швидкість загоєння ран під впливом модельного зразка – мазь з метилурацилом 3 % значно перевищує швидкість загоєння ран у тварин, яких лікували препаратом порівняння – мазь метилурацилова 10 %. Встановлено, що всі опрацьовані композиції виявили більшу антиальтеративну активність у порівнянні з препаратом порівняння.

Отже, методом *in vivo* обґрунтовано оптимальну концентрацію метилурацилу (3 %) у складі мазі.

Наступним етапом наших досліджень стало вивчення антимікробної активності модельних зразків із подальшим встановленням концентрації декаметоксину.

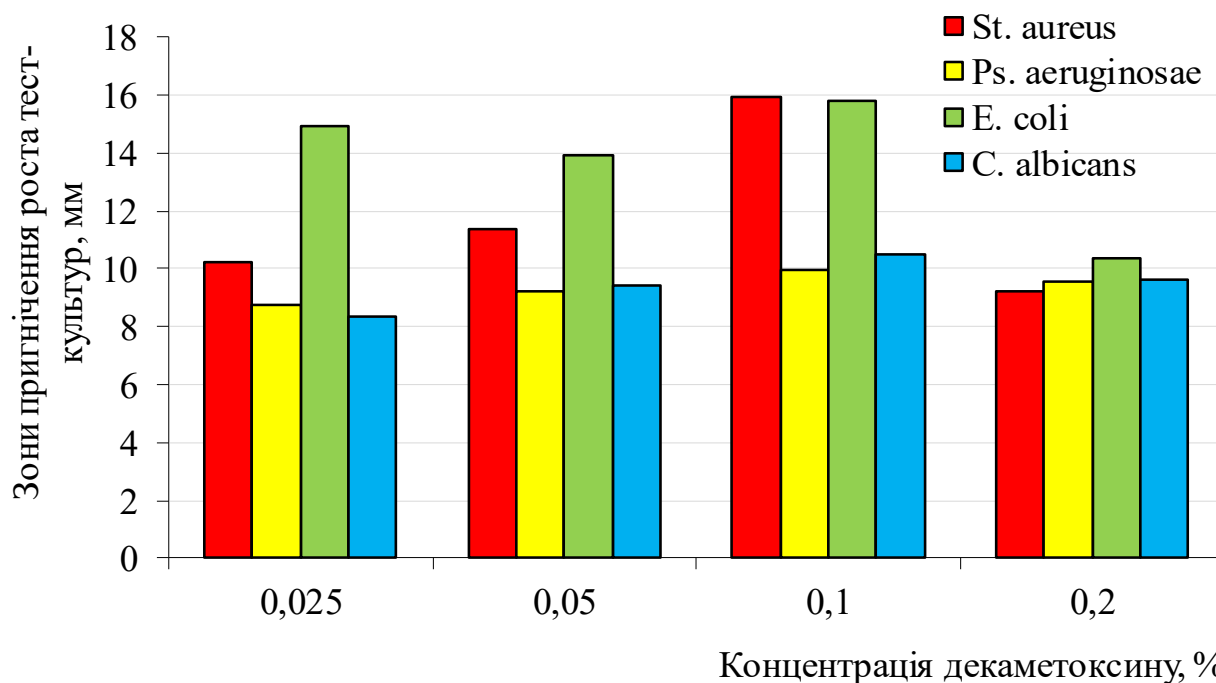
*Обґрунтування концентрації декаметоксину (in vitro)*. Декаметоксин до складу модельних зразків уведено у концентрації від 0,025 до 0,2 % з кроком збільшення концентрації удвічі. При вивченні кінетики вивільнення активних фармацевтичних інгредієнтів (АФІ) з основи, в залежності від способу введення АФІ до основи, нами обґрунтовано, що оптимальним є спосіб введення у формі розчину в поліетиленгліколь-400 (ПЕГ-400). Враховуючи те, що декаметоксин добре розчиняється у воді, нами вивчено антимікробну активність зразків при концентрації декаметоксину від 0,025 до 0,2 % при способі введення його до основи у формі розчину в ПЕГ-400 (спосіб 4) і воді (спосіб 5). При цьому кількість метилурацилу в усіх зразках складала 3 % (у формі суспензії з частиною основи), а ментолу – у формі розчину в ПЕГ-400.

Результати досліджень наведені на рис. 1 та 2.



**Рисунок 1 – Діаграма залежності антимікробної активності декаметоксину від 4 способу введення та концентрації**

*Авторська розробка*



**Рисунок 2 – Діаграма залежності антимікробної активності декаметоксину від 5 способу введення та концентрації**

Авторська розробка

Дослідженнями встановлено, що оптимальною є концентрація декаметоксину 0,1 % (рис. 1 і 2). При цьому результати дослідження показали, що не спостерігається суттєвої різниці між показниками при способі введення 4 і 5. Тому вибір способу введення декаметоксину до основи мазі буде залежати від технологічного процесу.

#### **Висновки.**

1. В ході нашого дослідження було обґрунтовано концентрацію метилурацилу (*in vivo*) та декаметоксину (*in vitro*) для розробки складу, технології та проведення біофармацевтичних досліджень мазі антимікробної та ранозагоювальної дії з метилурацилом, декаметоксином та ментолом.

2. Встановлено, модельний зразок з концентрацією метилурацилу 3 % виявив найбільш (у порівнянні з іншими модельними зразками) виражену протизапальну активність – 36,87 %. Тому нами обрано зразок з метилурацилом 3 %.

3. Встановлено, що оптимальною є концентрація декаметоксину 0,1 %. Вибір способу введення декаметоксину до основи мазі буде залежати від технологічного процесу.

#### **Література:**

1. Rationale for Choosing the Basis for Early Coverage / O. Shmatenko, A. Kazmirchuk, A. Solomennyu, P. Syrota et al. *Archives of Pharmacy Practice*. 2021. Vol. 12, Iss. 1. P. 103–108. DOI: <https://doi.org/10.51847/g1CIUwBeV3>.

2. Technological and Biopharmaceutical Aspects of Developing the Basics of Soft Medicinal Local Action / V. Tarasenko, A. Pidlisnyu, A. Koval, A. Solomennyu





et al. *Archives of Pharmacy Practice*. 2020. Vol. 11, Iss. 1. P. 92–99.

3. The Study of Structural-Mechanical and Physicochemical Properties of the Drug Antimicrobial and Anesthetic Action / V. Tarasenko, A. Solomennyu, A. Pidlisnyy, A. Koval et al. *Journal of Global Pharma Technology*. 2020. Vol. 12, Iss. 6. P. 32–36.

4. Державна фармакопея України. Друге вид. Харків : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. Т. 1. С. 775–776.

5. Доклинические исследования лекарственных средств: метод. рекомендации / под ред. А. В. Стефанова. Киев : Авицена, 2002. 568 с.

6. Доклинические исследования лекарственных средств : методические рекомендации / под ред. А. В. Стефанова. Киев : Авицена, 2002. 568 с.

7. Минцер О.П., Угаров Б.Н., Власов В.В. Методы обработки медицинской информации : учебное пособие. Київ : Вища школа, 2001. 271 с.

8. Соломенний А. М. Визначення якісного складу сучасних ранозагоювальних лікарських засобів для потреб медичної служби Збройних сил України у мирний час та на особливий період. *Український журнал військової медицини*. 2021. Т. 2, № 3. С. 93–102. DOI: [https://doi.org/10.46847/ujmm.2021.3\(2\)-093](https://doi.org/10.46847/ujmm.2021.3(2)-093).

9. Соломенний А. М. Визначення якісного складу сучасних ранозагоювальних лікарських засобів для потреб медичної служби Збройних сил України у мирний час та на особливий період. *Український журнал військової медицини*. 2021. Т. 2, № 3. С. 93–102.

10. Тарасенко В. О., Кучмістова О. Ф., Соломенний А. М., Підлісний О. В. Структуризація особливостей та наслідків бойової травми у військовослужбовців. *Військова медицина України*. 2019. Т.19, № 4. С. 111–117.

11. Технологічні аспекти створення м'яких лікарських засобів для лікування гнійних ран (огляд літератури) / О. П. Шматенко, О. В. Підлісний, Т. В. Приходько, А. М. Соломенний та ін. *Український журнал військової медицини*. 2020. Т. 1, № 1. С. 50–63. DOI: 10.46847/ujmm.2020.1(1)-050.7.

12. Шматенко О. П., Соломенний А. М., Дроздов Д. В. Концептуальні системи медичного постачання в НАТО. *Фармація XXI століття : тенденції та перспективи* : VIII Нац. з'їзду фармацевтів України, м. Харків, 13–16 верес. 2016 р., у 2 т. Харків, 2016. Т. 2. С. 303.

13. Шматенко О. П., Соломенний А. М., Підлісний О. В., Сніжинський С. П. Впровадження системи управління якості в медичному постачанні Збройних Сил України (повідомлення перше). *Військова медицина України*. 2019. Т. 19, № 1. С. 99–102.

**Abstract.** The author has substantiated the concentration of methyluracil (in vivo) and decamethoxine (in vitro) for the development of the composition, technology, and biopharmaceutical research of an antimicrobial and wound-healing ointment with methyluracil, decamethoxine, and menthol. The qualitative composition of the ointment with antimicrobial and wound-healing action with methyluracil and decamethoxine was determined, namely: it was established that the model sample with a methyluracil concentration of 3% showed the most pronounced anti-inflammatory activity (compared to other model samples), the optimal



*decamethoxin concentration is 0, 1%. These researches will contribute to the further development of modern wound-healing medicines.*

**Key words:** *methyluracil, decamethoxine, wound healing medicine, wound.*

Стаття відправлена: 22.02.2023 р.

© Соломенний А.М.



УДК 604

**ASSESSMENT OF ANTIBIOTIC RESISTANCE PROBLEM IN MODERN CONDITIONS****ОЦІНКА ПРОБЛЕМИ АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНОСТІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ****Shved O.V. / Швед О.В.***c.ch.s., as.prof. / к.х.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-6023-8067

**Chervetsova V.H. / Червецова В.Г.,***c.b.s., as.prof. / к.б.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-7705-5814

**Hubrii Z.V. / Губрій З.В.***c.ch.s., as.prof. / к.х.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-2533-6857

*Lviv National Polytechnic University, Lviv, St.Bandera str., 12, 79013**Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Ст.Бандери, 12, 79013*

**Анотація.** Наведено відомості щодо однієї з найбільших проблем сучасного світу - антибіотикорезистентності збудників інфекційних захворювань, причини її виникнення, розповсюдження, шляхи подолання. Очікувалося, що відкриття антибіотиків приблизно 80 років тому мало б означати кінець інфекційних захворювань. Навпаки, лікування мікробних захворювань досягло такого стану, коли багато інфекцій практично не піддаються лікуванню наявними на даний момент антимікробними засобами. Спостерігається постійне збільшення резистентних штампів, яке не супроводжується введенням нових ефективних терапевтичних засобів. Однак, продовжується інтенсивне дослідження альтернативних підходів створення та оптимізації антибіотиків для лікування інфекційних захворювань

**Ключові слова:** антибіотики, антибіотикорезистентність, збудники.

**Вступ**

Надмірне використання антибіотиків підштовхнуло бактерії до розвитку механізмів стійкості. Це явище, відоме як стійкість до антибіотиків, зараз розглядається ВООЗ як одна з найбільших загроз здоров'ю людини. Відсутність лікування захворювань, викликаних мультирезистентними бактеріями може повернути нас до того часу, коли мільйони людей помирали від пневмонії або сальмонельозу.

Людство продовжує синтезувати нові антибіотики, до яких довше та тяжче виробляється резистентність (How to make antibiotics great again?). Тому боротьба з антибіотикорезистентністю, нажаль, триває. Виробляються нові препарати, а бактерії виробляють нові методи захисту від них.

«Золотою ерою» антибіотиків називають 1940-1960 р.р., коли широкого застосування набув пеніцилін, що сприяло значному покращенню лікування хворих на інфекційні захворювання. Протягом наступних двох десятиліть було винайдено і запроваджено в практику значну кількість антибіотиків, в тому числі широкого спектру дії. Їх приписували пацієнтам з будь-якою бактеріальною інфекцією.

Але такий підхід був недалекоглядним та в корені руйнував природну систему добору, а разом з тим і позитивну дію антибіотиків, оскільки бактерії надто швидко пристосовувалися до нових препаратів. Так, вже наприкінці



1940-х один із американських шпиталів повідомив, що відсоток резистентних штамів стафілококу зріс до 59%. А вже в 60-х роках з'явився штам *Staphylococcus aureus* 80/80, повністю резистентний до пеніциліну, проте він був швидко подоланий новим синтетичним антибіотиком з модифікованим бета-лактамним кільцем – метициліном. Однак, через рік був виявлений новий мультирезистентний штам *Staphylococcus aureus* - methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA), що легко протистояв метициліну. Проти MRSA стали застосовувати найновіший на той час препарат – ванкоміцин, проте вже в 1979 р. були виявлені випадки резистентності і до цього препарату. Лише тоді людство зрозуміло, яку небезпеку несе необдумане використання антибіотиків. [1,2].

Закладалися підвалини резистентності патогенів до засобів протидії інфекціям попри здатність імунної системи людини, а також тварини та рослини протидіяти захворюванням [3].

### **Виклад основного матеріалу**

Природня резистентність до антибіотиків – природнє явище, а гени, що забезпечують цю резистентність у популяції відомі як екологічна резистома.

Експерименти, які показували, що багато мутацій є випадковими, а не спрямованими, проведені ще у 1952 р. Е. і Дж. Ледерберг. Вони припустили, що стійкі до антибіотиків штами бактерій, які вижили після застосування антибіотика, мали цю стійкість до початку застосування антибіотика пеніциліну, а не в результаті його впливу і утворилися внаслідок випадкових мутацій. Антибіотик виступав лише сильним фактором відбору, що давав можливість резистентним штамам поширитися на всю популяцію. До цього Дж. Леденберг і Е. Татум ще в 1946 р. виявили здатність до передачі генетичної інформації в разі прямого контакту між клітинами деяких штамів множинних мутантів *Escherichia coli* і подальшою рекомбінацією між ними. Згодом У. Хейз, Ф. Жакоб і Е. Вуллман, Л.Л. Каваллі пояснили це явище, відкривши наявність у клітин-донорів генетичного фактора, який назвали F-фактором (фактором фертильності), що являє собою окрему мобільну молекулу ДНК. Процес передачі генетичної інформації від клітини до клітини під час контакту назвали кон'югацією.

Крім кон'югації, перенос ДНК в клітини бактерій може здійснюватися шляхом клітинної трансформації, яка вперше виявлено Ф. Гріффітом в 1928 р. у *Streptococcus pneumoniae*, за якої генетична інформація вноситься у клітину вільними молекулами ДНК або великими її фрагментами, що мають певний ступінь гомології до хромосоми клітини-реципієнта.

Третій відомий на даний час можливий шлях передачі ДНК від клітини-донора до клітини-реципієнта називається трансдукцією, яку відкрито Дж. Леденбергом і Н. Ціндером на початку 50-х років XX ст. у *Salmonella typhimurium*, за якою передавання генетичного матеріалу здійснюється за допомогою помірних фагів.

Ці дослідження в більшості випадків пояснюють неймовірну здатність бактерій до адаптації та розвитку антибіотикорезистентності - «глобальної проблеми громадського здоров'я».



Щодо класифікації антибіотиків з врахуванням виникнення резистентності щодо видано ряд міжнародних та вітчизняних стандартів, написано багато наукових праць. Зокрема, на сьогодні чинна запропонована ВООЗ класифікація антимікробних препаратів *AwaRe*, запропонована 2019р.) [4], за якою антибіотичні препарати поділяють на три основні групи, куди входять найбільш часто використовувані антибіотики, що відносяться до чотирьох класів сполук –цефалоспорицини, пеніциліни, фторхіноліни, макроліди. Оновлена класифікація антибіотиків за системою *AWaRe* за 2021 рік включає додаткові 78 антибіотиків, які раніше не були класифіковані. Це корисний інструмент для вивчення антибіотикорезистентності [5].

Характеристика груп антибіотичних препаратів за класифікацією *AwaRe* [6]:

**Група А (Access) або група доступу** – ефективні та широко вживані антибіотики з низьким потенціалом до розвитку антимікробної резистентності. Ці антибіотики є препаратами I та II лінії терапії більшості бактеріальних захворювань і мають становити  $\geq 60\%$  лікарських призначень. До них відносяться амікацин, амоксицилін, амоксицилін/клавуланат, гентаміцин, доксацилін, кліндаміцин, цефазолін, метронідазол, нітрофурантоїн, ко-тримаксазол, тощо.

**Група W (Watch) або група спостереження** – це антимікробні препарати високого пріоритету для медицини. У них вищий потенціал до розвитку антимікробної резистентності. Об'єми їхнього споживання треба контролювати. До цієї групи належать азитроміцин, ванкоміцин, левофлоксацин, цефіксим, цефотаксим, цефтріаксон, цефтазидим, цефуроксим, ванкоміцин, ципрофлоксацин, кларитроміцин, меропенем, піперацилін-тазобактам, тощо.

**Група R (Reserve) або група резерву** – резервні антимікробні препарати, які використовуються у якості останньої надії, якщо попереднє лікування зазнало невдачі або використання інших засобів неможливе для лікування інфекційних захворювань, викликаних мультирезистентними мікроорганізмами. До них належать азтреонам, колістин, лінезолід, поліміксин В, меропенем-ваборбактам, цефтазидим-авібактам, плазоміцин тощо.

Широке застосування антибіотиків обумовлене багатьма причинами, зокрема: підвищення глобальної доступності препаратів протягом тривалого часу, починаючи з 1950-х років; неконтрольовані продажі антибіотиків у багатьох країнах з низьким або середнім рівнем доходу, де їх можна отримати без рецепту; неосвіченість населення у сфері антибіотиків та антибіотикорезистентності.

Причиною нераціонального використання антибіотиків лікарями виступає їх надмірна обережність з медичних або юридичних причин. Власне, звичайна застуда є найбільш поширеною причиною призначення антибіотиків. Стійкість до антибіотиків також зростає із збільшенням тривалості лікування. Тому, в редакційній статті Британського медичного журналу рекомендується припиняти прийом антибіотиків через 72 години після зникнення симптомів [7].

Причиною виникнення резистентності є також соціально-економічні



фактори, пов'язані з бідністю, які впливають на доступність відповідного лікування серед окремих груп населення. Механічна вентиляція та погана гігієна рук медичних працівників теж сприяють поширенню антибіотик резистентності. Крім того, пацієнти із кількома супутніми хворобами можуть стати потенційними носіями резистентних бактерій [8].

Екологічні фактори теж важливі: через відходи лікарень, наприклад стічні води, сільськогосподарські відходи та відходи фармацевтичних виробництв, антибіотики та резистентні бактерії потрапляють у навколишнє середовище, реплікуючи та передаючи гени резистентності. Деякі дослідження демонструють випадкову передачу стійких до антибіотиків мікроорганізмів від тварин і людини [9].

Медичні причини виникнення резистентності: збільшення об'ємів виписуваних антибіотиків; надмірне дозування при прийомі антибіотиків; неналежне виписування антибіотиків лікарями; переривання курсу антибіотикотерапії; недостатня гігієна та медичний контроль у лікувальних закладах [10].

Механізм природної (видової) внутрішньої резистентності – явище, за якого бактеріальний штам природно стійкий до певного антибіотика або сімейства антибіотиків без необхідності мутації або отримання додаткових генів. Тобто, всі представники даного виду будуть повністю несприйнятливими до певного антибіотика чи групи антибіотиків, і їх ніколи не можна буде використовувати для лікування інфекцій, викликаних цим видом бактерій. Прикладом природної резистентності є стійкість *Pseudomonas aeruginosa* до більшості  $\beta$ -лактамних антибіотиків. Така стійкість зумовлена кількома механізмами: діяльністю ефлюкських насосів, непроникністю її зовнішньої мембрани та синтезом ферментів-інактиваторів антибіотиків, таких як  $\beta$ -лактамази [11].

В сучасній літературі окреслюють наступні механізми виникнення антибіотикорезистентності у бактерій [12-14].

#### 1. Інактивация або модифікація лікарських засобів.

Наприклад, ферментативна дезактивація пеніциліну G у деяких пеніцилін-резистентних бактерій шляхом вироблення  $\beta$ -лактамази. Найчастіше захисні ферменти, що виробляються бактеріальною клітиною, додають ацильну або фосфатну групу до певної ділянки на антибіотиці, що дозволить знизити його здатність зв'язуватися з рибосомами бактерії та переривати синтез білка.

#### 2. Модифікація мішеней антибіотика шляхом: мутації; хімічної модифікації; захист клітинної структури бактерії; гіперекспресії генів, що відповідають за утворення певних клітинних структур, збільшуючи таким чином необхідну летальну дозу антибіотика.

Наприклад, спостерігається зміна мішені пеніцилінів-B у *MRSA* та інших пеніцилін-резистентних бактеріях, а також визначено захисний механізм, знайдений у бактерій, як синтез рибосомних захисних білків, що захищають бактеріальну клітину від антибіотиків, які націлені на рибосоми клітин та інгібують синтез білка. Механізм включає зв'язування рибосомних захисних білків з рибосомами бактеріальної клітини, що в свою чергу змінює її



конформацію. Це дозволяє рибосомам продовжувати синтез білків, необхідних клітини, перешкоджаючи зв'язуванню антибіотиків з рибосомою.

### 3. Зміна метаболічних шляхів.

Наприклад, для деяких сульфаніламід-резистентних бактерій не потрібна пара-амінобензойна кислота (*ПАВА*), замість цього, подібно до клітин ссавців вони використовують уже сформовану фолієву кислоту.

### 4. Зниження концентрації лікарських препаратів у клітині.

Наприклад, даний процес відбувається при зменшенні проникності чи збільшенні активного виведення (відкачування) лікарських речовин через поверхню клітини, як через спеціалізовані насоси, які можна знайти в клітинній мембрані деяких видів бактерій, вони використовуються для перекачування антибіотиків з клітини, перш ніж останні будуть здатні завдати будь-якої шкоди, бо такі ефлюксні насоси переважно активуються специфічним антибіотиком.

5. Перенесення генів антибіотикорезистентності від стійких штамів мікроорганізмів до чутливих.

Трансфер генів полегшує поширення резистентності до лікарських засобів.

Шляхи усунення антибіотикорезистентних бактерій [15-18]. Виходячи з аналітичного аналізу літературних даних на даний час можна окреслити наступні напрями у боротьбі за стійкістю бактерій до антибіотиків:

- модифікація та виробництво нових антибіотиків та допоміжних антибактеріальних сполук.
- використання інших методів лікування, що не пов'язані із застосуванням антибіотиків.
- пошук альтернативних сполук, що мають антимікробну дію.
- розробка нових методів діагностики збудників бактеріальних інфекцій.
- застосування комбінованої антибіотикотерапії.

Тобто для подолання глобальної кризи в галузі охорони здоров'я, яку світ переживає через стійкі до антибіотиків бактерії є величезна надія на ті новаторські підходи системної біології, які застосовують науковці.

### **Висновок**

Швидке поширення антибіотикорезистентності — глобальна проблема, і для її вирішення необхідні скоординовані дії різних ініціатив в широкому масштабі щодо посилення контролю ситуації зі стійкістю не тільки до одиничних, але вже до багатьох антибіотиків. Отже, питання антибіотикорезистентності як явище стоїть в одному ряду з найважливішими проблемами охорони здоров'я і має насторожувати людство та спонукати експериментаторів та виробників до рішучих дій інвестування в інноваційні розробки та контрольні методики та методи безпечних та ефективних антибіотиків, а також удосконалення існуючих антибіотичних препаратів, щоб підвищити ефективність їх використання.

### **Література:**

1. Hutchings, Matthew I.; Truman, Andrew W.; Wilkinson, Barrie. Antibiotics: past, present and future. *Current opinion in microbiology*, 2019, 51: 72-80.



2. Adedeji, W. A. The treasure called antibiotics. *Annals of Ibadan postgraduate medicine*, 2016, 14.2: 56.
3. Davies, Julian. Where have all the antibiotics gone?. *Canadian Journal of Infectious Diseases and Medical Microbiology*, 2006, 17.5: 287-290.
4. World Health Organization. Antimicrobial resistance. 2020. Available from: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/antimicrobial-resistance>.
5. World Health Organization. 2019. WHO AWaRe Classification Database of Antibiotics for evaluation and monitoring of use. 2021. URL: <https://www.who.int/news/item/01-10-2019-who-releases-the-2019-awareclassification-antibiotics> ]
6. Л. В. Яковлева, І. М. Романенко. Аналіз асортименту антибіотиків у державному формулярі лікарських засобів за класифікацією ВООЗ АWARE з метою їх раціонального застосування та зниження ризику розвитку антибіотикорезистентності. *Фармацевтичний журнал*, 2022, Т. 77, № 1. – С. 15-30.
7. Mcsherry, J. A. Why not prescribe antibiotics for "heavy colds"?. *The Journal of the Royal College of General Practitioners*, 1981, 31.222: 49.
8. Яковлева, Л.; Баглай, Т. Дослідження обізнаності населення України про проблему стійкості до антибіотиків. *Norwegian Journal of Development of the International Science*, 2020, 47-1: 18-24.
9. Wu, J., Wang, J., Li, Z., Guo, S., Li, K., Xu, P., ... & Zou, J. (2022). Antibiotics and antibiotic resistance genes in agricultural soils: A systematic analysis. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 1-18.
10. Свіжак В.К., Дейнека С.Є. Антибіотикорезистентність: багатогранність проблеми. *Клінічна та експериментальна патологія*. 2014, 13 (2), 222-224.
11. Салманов, А. Г. Резистентність до антибіотиків та біоцидів. *International journal of antiibiotics and probiotics*, 2017, 1 (2): 92-125.
12. Munita, Jose M.; Arias, Cesar A. Mechanisms of antibiotic resistance. *Virulence mechanisms of bacterial pathogens*, 2016, 481-511.
13. Бондар, М. В., et al. Антибіотикорезистентність мікроорганізмів: механізми розвитку й шляхи запобігання. *Медицина неотложных состояний*, 2016, 3 (74): 11-17.
14. Попов, М. М.; Перетятко, О. Г.; Ягнюк, Ю. А. Антибіотикорезистентність бактерій: причини, механізми розвитку, наслідки. *Південноукраїнський медичний науковий журнал*, 2018, 20: 55-58.
15. Tan, Yu-Ting; Tillett, Darren J.; McKay, Ian A. Molecular strategies for overcoming antibiotic resistance in bacteria. *Molecular medicine today*, 2000, 6.8: 309-314.
16. Monserrat-Martinez, Ana; Gambin, Yann; Sierecki, Emma. Thinking outside the bug: molecular targets and strategies to overcome antibiotic resistance. *International journal of molecular sciences*, 2019, 20.6: 1255.
17. Mikhaleva, T. V.; Zakharova, O. I.; Ilyasov, P. V. Antibiotic resistance: modern approaches and ways to overcome it. *Applied biochemistry and microbiology*, 2019, 55: 99-106.
18. Begum, Shifa, et al. A review on antibiotic resistance and way of combating





antimicrobial resistance. GSC Biological and Pharmaceutical Sciences, 2021, 14.2: 087-097.

**Abstract.** Information provided on one of the biggest problems of the modern world - antibiotic resistance of infectious disease agents, its causes, spread, and ways to overcome it. The discovery of antibiotics about 80 years ago was expected to mean the end of infectious diseases. In contrast, the treatment of microbial diseases has reached a state where many infections are nearly untreatable with currently available antimicrobials. There is a constant increase in resistant strains, which is not accompanied by the introduction of new effective therapeutic agents. However, alternative approaches to antibiotics for the treatment of infectious diseases are intensively researched

**Key words:** antibiotics, antibiotic resistance, pathogens.



UDC: 636.03:636.2:636.082

**AGE VARIABILITY OF ETHOLOGICAL PARAMETERS OF CATTLE****Pikula Oksana Anatoliivna**

candidate of agricultural sciences

Vinnytsia National Agrarian University (Vinnytsia, Ukraine)

ORCID: 0000-0001-8950-6099

**Abstract.** It was found that ethological traits and indicators of milk production of cows are characterized by a medium and high degree of phenotypic variability. With age, cows rested less time lying down, but spent more time eating feed. Analyzing the factor dependence of the level of milk yield per lactation in cows, it was found that the greatest influence on the formation of this trait is age, the strength of which is 74.5%, and the share of the influence of unaccounted factors was 25.5%.

With the increase in milk production, there is a tendency to reduce their reproductive function. This feature should be used in the breeding process with livestock. An in-depth study of the causes of variability in farm animals will allow us to assess the adequacy of their habitat and develop the most rational and economical systems of interaction between the organism and technical means, feeding factors and other realities of industrial technology. Ethological research will make it possible, first of all, to create optimal conditions for keeping both in industrial livestock farms and on traditional farms, to find ways to increase cow productivity in specific feeding and housing conditions.

Animals bred with ethology in mind have a calm disposition, their behavior can even be controlled, and they are usually characterized by high milk and meat production and efficient feed use. Skillful application of ethological techniques in animal husbandry can increase the productivity of cattle.

The reaction of high-yielding cows to paratypical factors is ambiguous and is always accompanied by behavioral changes, reduced milk production, deterioration in product quality, increased morbidity, reduced duration of productive use, and premature culling from the herd. Finding out the behavioral characteristics of high-yielding cows will make it possible to optimize the methods of their maintenance, feeding, and operation and ensure high milk production with high milk quality and herd safety.

**Keywords:** behavior, variability, age, productivity, cattle

**Dependence of ethological traits on genotypic and paratypic factors.**

Factors affecting milk production can be divided into genotypic and paratypic, or environmental factors.

Animals of modern specialized dairy breeds (Holstein, Red and White Dairy, Black and White Dairy, Black and White, Angler, etc.) are characterized by the highest milk production. The annual milk yield of dairy cows is 4000-6000 kg with a fat content of 3.6-4.1% and a protein content of 3.2-3.7% [8].

The fat and protein content in milk of different breeds is not the same. Holstein cows (on average) have 3.68% fat, 3.31% protein; Black-and-White cows, respectively, 3.70 and 3.24; Simmental cows, 3.91 and 3.48; Swiss cows, 3.75 and 3.41; Red Steppe cows, 3.73 and 3.32; and Swan cows, 3.90 and 3.56%. In milk of Ayrshire and Jersey breeds with milk yields of 3500-4000 kg, the fat and protein content in milk reaches 5.0-6.5 and 3.9-4.3%, respectively. Among the dairy breeds, there are more productive ones (Holstein, Black-and-White dairy, Red-and-White dairy) and relatively low-productive ones (Ukrainian Whitehead, Polish Red). Among



the dairy and meat breeds, the most productive are the Shorthorn, Lebedinsky, and Simmental. They are significantly inferior to such breeds as Brown Carpathian and Pintzgau [35].

One of the main environmental factors that significantly affects the level and quality of milk production is proper feeding and keeping of animals according to zoohygienic standards. Optimal nutritional feeding helps to maintain a high level of lactation for a long time. Proper and standardized feeding affects not only milk yield but also milk composition. With insufficient energy nutrition, cows first have a decrease in milk yield, and then the fat content in milk decreases. It is known that the higher the milk production of cows, the stricter the requirements for balancing diets. If earlier the insufficient quality of own basic feed could be compensated for by using special feed additives with micro- and macronutrients and vitamins, now we need to worry about transit protein, which is not broken down in the rumen [22].

The intensity of the decrease in milk yield after cow insemination is inversely related to the length of time between calving and new pregnancy (service period). By mating cows in the first estrus after calving, the prerequisites are created for a rapid decline in lactation, and sometimes its reduction. When the service period is extended, i.e., when cows are mated during the fourth estrus, the foundations are laid for obtaining maximum milk yield and a uniform course of lactation [23].

The normal service period for dairy cows is 56-84 days. This duration makes it possible to annually receive a calf from each cow, maintain lactation for 300 days, and obtain the largest amount of milk for the entire period of economic use of the cow [33].

The calving season affects the level of productivity because it causes changes in feeding conditions and climatic factors. Practice shows that the most favorable time for calving is autumn and early winter. Summer is not quite as desirable. The literature shows that cows calving in November-December produce 300-700 kg more milk than those calving in May-June. Autumn-winter calves are usually in better health, more viable, and the lactation curve of cows is flatter, the animals are more productive [21].

During the day, milk is continuously synthesized in the mammary gland of cows. When it arrives, it fills the udder, creates pressure, and if the cow is not milked in time, the process of milk production stops and pregnancy begins. At the same time, milking is reduced. Cow milk production is closely related to udder capacity: the higher the milk yield, the greater the udder capacity. And vice versa. The capacity of the mammary gland is determined by a single milk yield [23].

Correct and timely milking is a normal physiological process for animals. Observations show that an experienced machine milking operator can get 20% more milk yield than an inexperienced one. One of them will start milking a cow a few months after calving, while the other will be able to milk it for a whole year. Too frequent unskillful milking is painful for the cow and leads to a decrease in its productivity [32].

The milk production of cows after calving increases for 3-4 months, reaching a peak at 4.5.6 months of lactation (depending on the breed, feeding, and housing), after which milk production decreases. The lowest amount of fat and protein in milk



is observed at 2-3 months of lactation, and then the fat and protein content in milk increases before the start of lactation. During this period, milk sugar content decreases and acidity decreases. Before the cows are launched, the technological properties of milk change, it is poorly curdled by rennet, and its viscosity increases. The decrease in rennet curdling of milk is mainly due to a decrease in acidity. Changes in milk during the day - the content of dry matter and fat in morning milk is lower compared to milk produced in the evening. Milk production of cows of the first and second calving is lower than that of adults. It has been established that the milk yield of cows in 1 lactation is 75%, and in 2 - 85% of the milk yield of adult cows. The highest milk yields are usually obtained in 5-6 lactations. The decline in milk production of cows due to aging begins in the 8-9th lactation. Under favorable feeding conditions, high milk yield can be maintained at the age of 12-15 years.

The development of a cow is most accurately determined by live weight. Large cows are characterized by better development of internal organs. They are able to consume more feed, and therefore produce more milk. In dairy cattle breeding, a positive correlation (up to a certain limit) has been established between the live weight and milk production [32].

Today, large dairy farms are implementing advanced milk production technologies based on untethered cows in boxes and milking in specialized parlors. These technologies help reduce labor costs for milking, lower costs and improve the quality of milk produced. However, an important criterion for evaluating existing and developing new technologies for keeping dairy cattle is the behavior of the animals, which indicates their biological needs. Since behavior is a heritable trait, it is possible to create animals of the desired type through selection. Such animals are characterized by high milk and meat production and efficient use of feed. It is known that the skillful application of ethological methods in animal husbandry can increase animal productivity by up to 20%.

Today, tetherless cow housing is considered one of the most proven technologies for intensive milk production. However, any technology for keeping dairy cattle must meet the animals' needs for rest, movement, free access to feed and water, body care, etc. Among the ethological indicators, an important place is occupied by feeding behavior, which indicates the satisfaction of the animals' need for feed, and also allows us to conclude on the degree of their adaptation to the applied industrial feeding conditions [6].

The presence of a correlation indicates the possibility of using the initial behavioral reactions of calves in practice to determine their viability. Thus, a positive medium and high degree of dependence was found between the live weight of newborn calves and ethological indicators. The values of the correlation coefficients are reliable, and therefore the identified relationship between the studied traits is a natural phenomenon and can be manifested not only in the sample but also in the general population. By the way, a high degree and positive direction of correlation ( $r_s=0.77$  at  $P>0.999$ ) was found between the live weight of newborn calves and adaptation to gravity. In heifers, behavioral reactions to the technological environment are characterized by positive medium correlation coefficients. Bulls are characterized by the fact that there is an inverse relationship between live weight and



the evaluated ethological indicators, with the exception of the correlation "live weight - adaptation to gravity" [24].

At the same time, under conditions of untethered housing, an increase in the duration of feed intake will have a positive effect on milk fat content ( $r = 0.655$ ), milk yield, milk protein content and density will decrease ( $r = -0.655$ ,  $r = -0.052$ ,  $r = -0.579$ ). With increasing water intake, nadir ( $r = 0.824$ ) and density ( $r = 0.473$ ) will increase and fat and protein content will decrease ( $r = -0.766$ ,  $r = -0.210$ ). The duration of standing and physical activity will not have a significant effect on milk yield, milk fat and protein content ( $r = -0.188 \dots 0.258$ ) and will have a positive effect on milk density ( $r = 0.498$ ,  $r = 0.701$ ). A multifaceted relationship with an average degree of dependence was established between the duration of lying down and milk yield, milk fat, protein, and density ( $r = -0.463 \dots 0.447$ ). An increase in the duration of milking will lead to an increase in milk yield ( $r = 0.803$ ) and milk protein content ( $r = 0.688$ ), and will negatively affect the content of milk fat ( $r = -0.923$ ) and density ( $r = -0.404$ ) [7].

It has been established that cows of the same breed under the same feeding and housing conditions, but in different climatic zones, produce milk with different fat content. The highest fat content is observed in cows kept in mountainous regions. The milk production of cows depends on meteorological conditions. High and low temperatures, increased solar radiation, and changes in barometric pressure have an adverse effect on the animal body. It has been established that a decrease in milk production is observed with a decrease in barometric pressure, high relative humidity in the room (85-90%), and air movement at a speed of 1.5-2.0 m/s [8, 18].

A somewhat smaller range of daily fluctuations in relative humidity when kept on deep, long-lasting litter had an impact on the indoor temperature and humidity index, clinical parameters, and, as a result, on heat resistance, bioenergy, and respiratory effort. It was found that heat stress in cows kept on deep litter was absent from 23.00 to 09.00 hours, and from 09.00 to 22.00 was moderate. In box housing, the period of absence of heat stress was much shorter - from 01.00 to 08.00 hours, and moderate stress was observed from 08.00 to 00.00 hours, respectively. Timely introduction of high-quality bedding material in the proper amount (6 kg/head/day) promotes faster adsorption of moisture and contributes to the creation of more comfortable conditions for keeping animals in hot periods of the year [4].

It was found that low temperatures (from 12 to 18 C) became a stress factor for cows and caused a temporary decrease in productivity compared to the thermoneutral period. In tetherless box housing, the decrease in productivity (on average for 10 days) was 3.55 kg or 10.85%, and on deep litter this figure was 1.82 kg or 5.64%. During the period of low-temperature loading, the consumption of metabolic energy decreased by 4.68 MJ in tetherless box housing, while on the contrary, it increased by 1.50 MJ on deep litter [2].

The results of studies of the effect of ambient temperature during the thermoneutral period and during the period of low-temperature load on the productivity, daily behavior and bioenergetic traits of Ukrainian Red and White dairy cows under different variants of untethered housing in boxes and on deep litter in easily assembled premises showed that cows in both variants of housing technologies

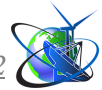


reacted to changes in temperature by reducing productivity - by 10.86% (3.55 kg) in the case of untethered box housing and by 5.65% (1.82 kg) in the case of deep litter technology. At the same time, the mass fraction of fat in cow milk during this period increased by 0.09 and 0.08%, respectively. During the low-temperature period, cows in both variants of untethered housing spent somewhat less time eating feed, drinking and walking, but more time resting in a lying position compared to the thermoneutral period. In general, in both temperature periods, the duration of the main behavioral acts corresponded to physiological norms. Reducing the duration of feed intake during the period of temperature load led to a decrease in the number of feed reactions and the duration of chewing in cows under both housing technologies. The proportion of net feed energy consumption that is converted into milk energy (energy index) during the period of temperature load decreased by 2.69 % in the free-box housing and by 1.16 % in the deep litter [26].

The air velocity in prefabricated cowsheds is three times higher ( $P > 0.999$ ) compared to traditional cowsheds, which has a positive effect on air pollution, which is 8.07 times lower in the presence of ammonia compared to traditional premises. Under such conditions, bacterial air pollution is only 26.4 thousand cfu/m<sup>3</sup>, while in traditional barns it is 18.7 times higher and amounts to 493.6 thousand cfu/m<sup>3</sup>.

At an average sub-zero ambient air temperature, the indoor temperature in a prefabricated barn ranges from minus 1.8°C to minus 4.8°C. As the ambient air temperature decreases at night, the air temperature in the prefabricated barn decreases accordingly. That is, there is a proportional relationship between the ambient air temperature and this indicator in a prefabricated room [19].

The analysis of the herd showed that it contained cows from the 1st to the 6th lactation. The largest share was made up of cows of the first and second lactations - 43.45 and 37.7%, respectively. The share of cows of the third lactation and older was much smaller and amounted to 7.35% in the third lactation, 8.95% in the fourth, 2.23% in the fifth, and 0.32% in the sixth. On average, the daily milk yield from each cow was 27 kg with a range of deviations from 5.02 to 48.46 kg, the average number of milking times per day was 2.9 times with a range of fluctuations from 1.86 to 4.49. The average interval between two consecutive milking was 8.3 hours with fluctuations from 5.2 to 12.7 hours. In the technological groups, cows were different in terms of productivity and stage of lactation. Thus, in the first group there were cows with an average of 252 days (83-386 days) of lactation. Their average daily milk yield was 29.79 kg, and the frequency of milking was 2.98 times per day. In the second technological group, cows were kept with an average lactation day of 262 days (8-460), and their daily milk yield was 20.4 kg, with the lowest milking frequency of 2.77 times. In the third technological group of cows, the average milking day was 173 (112-225), daily milk yield was 28.73 kg, and the milking frequency was 3.24 times. In the fourth group, cows were kept, most of which were in the early stages of lactation - on average 93 days after calving, with fluctuations from 17 to 179 days; their average daily milk yield was 30.53 kg per cow, with 2.9 times of milking during the day. Ethological studies have shown that under conditions of voluntary milking, cows spent an average of 53.04% of the day on rest, 17.55% on eating fodder, and 2.12% on milking. The peak of feeding activity (feed



intake) occurred in the morning (8.00 am) and afternoon (17.00 pm). This is due to the fact that the majority of cows (more than 90%) rest in a supine position from 1-2 am to 4-5 am, after which they need to consume feed, water and milk. In the morning, feed mixtures are distributed so that animals can consume them freely and to their heart's content [3].

The health of the cows has a great influence on the level of milk yield. Healthy animals always have higher productivity than sick ones. For example, tuberculosis reduces milk yield by 20-35%, brucellosis by 40-60%, and foot-and-mouth disease by 35-50%. Mastitis and digestive disorders lead to a long-term decrease in milk production.

Impaired reproductive functions lead to cow leanness and reduced productivity. Acute infectious diseases also dramatically reduce milk yield. Influence of physiological condition. The decrease in milk yield, which is typical for cows in the 5-6th month of pregnancy, occurs under the influence of the action of ovarian corpus luteum hormones. They suppress the action of lactogenic hormones of the pituitary gland. The state of sexual excitement in cows affects milk yield. The decrease in daily milk yield is especially noticeable. During estrus, daily milk yields decrease by 10-20% within 2-4 days. The main reasons for this are the cow's loss of appetite during estrus and her growing anxiety. Cows with a good physiological condition and high fatness during dry season have a much higher chance of the next lactation than cows with insufficient fatness. It has been established that for every kilogram of live weight gain during the dry period, a cow increases the chance of the next lactation by 20 kg [37].

Dairy productivity is the main breeding trait and the purpose of economic use of cattle of dairy and dairy-meat breeds. Dairy productivity is characterized by the quantity and quality of milk obtained from cows over a certain period (one milking, day, month, lactation, year, life, etc.).

Milk is a product of the secretory activity of the mammary gland of mammals and is intended for feeding offspring. Female mammals that are not specifically milked produce as much milk as necessary to raise their young. Wild animals lactate only during the period of milk feeding of the offspring, while domesticated animals lactate much longer under the influence of constant irritation of the mammary gland during milking and as a result of increased feeding and artificial selection. It is considered normal for cows to lactate for 300 to 305 days, to have a dry period of 55 to 60 days, and to give birth to a calf annually.

Milk is synthesized in the cells of the secretory epithelium of the alveoli and mammary ducts by absorption from the blood and biosynthesis of its components (fat, protein, sugar) or direct transfer of vitamins, enzymes, hormones and minerals from the blood. Proteins, fats and sugars synthesized in the mammary gland differ significantly in composition and properties from the corresponding substances in the blood. To synthesize 1 kg of milk, 400-500 liters of blood must pass through the udder. On average, cow's milk contains 12.5-13.0% dry matter, including 3.8% fat, 3.3% protein, 4.8% milk sugar, and about 1% minerals.

The most common criterion for evaluating cow milk production is milk yield for a standardized lactation of 305 days or a calendar year. The milk yields of cows of



different ages, breeds and herds per lactation range from 1000 to 25000 kg or more.

Numerous studies convincingly prove the influence of age, herd, year, season and other paratypic factors on cow milk production. However, sometimes there is a significant contradiction in the degree and even direction of this influence, as well as the need to study it under slightly changed modern management conditions, on animals of new domestic dairy breeds and at the population level, necessitates additional research in this area. The maximum profitability of dairy farming is ensured not only by increasing the milk productivity of livestock, but also by the long-term economic use of cows. Given the evolutionarily fixed inverse correlation variability, the result of successful selection for dairy productivity is primarily a noticeable decrease in reproductive capacity, health and duration of economic use of cows.

Recently, in scientific research and practical breeding, considerable attention has been paid to substantiating the feasibility, possibility and search for ways to select dairy cattle to increase the duration of their use and lifetime productivity. It has now been established that the duration of use and lifetime productivity of cows is determined by both genotypic and paratypic factors, ontogenetic parameters of the animal's body formation.

Consequently, the formation of cows' milk production is influenced by many factors that must be taken into account when managing the dairy cattle industry.

#### **Methods of the work.**

The research was carried out in the private agricultural enterprise "AF Batkivshchyna" in Stryzhavka village, Vinnytsia district, on cows of the Ukrainian black-and-white dairy breed.

To study the manifestation of behavioral reactions, experimental groups of cows of the Ukrainian Black-and-White dairy breed were evaluated and formed by the ordinal number of lactation, among which there were 15 cows of the first lactation, 21 cows of the second, 29 cows of the third, 16 cows of the fourth and 16 cows of the fifth, 26 cows of the sixth lactation and older.

The cows were kept in a stall-pasture system at the same level, type of feeding and diet structure.

The behavioral response of cows was studied for 720 minutes (excluding the time spent on milking - 180 minutes) using the method of visual observations with the help of the alphabet of elements and acts of behavior in accordance with the method of M.V. Zubets (1996).

The biometric processing of the results was carried out by the method of variation statistics according to the method of M.O. Plohinsky (1969).

**Research results.** Ethological traits of cows depending on age. It was established that ethological traits and indicators of milk production of cows are characterized by a medium and high degree of phenotypic variability (Table 1).

Cows of the second lactation lay down 2.7% longer ( $P < 0.99$ ) compared to cows of the first lactation, animals of the third lactation 25.0% less compared to the first lactation, fourth-fifth lactation - 23.8%, sixth lactation and older - 28.5%, respectively. Thus, with age, cows spent less time lying down, but more time eating feed.





The duration of feed intake in cows of the first lactation was 208 minutes, which is 3.8% less than in animals of the second lactation, 14.4% in the third, 24.5% in the fourth and fifth ( $P < 0.99$ ), and 29.8% in the sixth and older lactations ( $P < 0.999$ ), respectively.

**Table 1. Characteristics of productivity and ethological traits of cows**

<i>Indicators</i>	<i>Parameters</i>		
	$X \pm Sx$	$\sigma$	$Cv, \%$
I lactation, n=15			
Milk yield per lactation, kg	4110±62,4	353,5	8,6
Eating, min.	208±7,9	23,4	11,3
Standing, min.	128±15,1	17,3	13,5
Lying down, min.	256±10,9	36,8	14,4
Chewing gum, min.	181±8,7	16,2	9,0
Moving, min.	130±5,8	9,5	7,3
II lactation, n=21			
Milk yield per lactation, kg	4862±49,3 <sup>***</sup>	383,5	7,8
Eating, min.	216±19,8	13,4	6,2
Standing, min.	140±16,2	19,3	13,5
Lying down, min.	263±11,7	34,1	12,9
Chewing gum, min.	174±10,3	19,2	11,0
Moving, min.	101±12,0 <sup>*</sup>	7,5	7,4
III lactation, n=29			
Milk yield per lactation, kg	5446±65,4 <sup>***</sup>	450,7	8,2
Eating, min.	238±54,7	13,9	5,8
Standing, min.	134±8,1	19,4	14,5
Lying down, min.	192±7,1 <sup>***</sup>	21,2	11,0
Chewing gum, min.	131±9,3 <sup>**</sup>	23,9	18,2
Moving, min.	157±5,0 <sup>**</sup>	26,9	17,1
IV-V lactation, n=16			
Milk yield per lactation, kg	6507±75,9 <sup>***</sup>	402,0	6,2
Eating, min.	259±15,9 <sup>**</sup>	18,9	7,5
Standing, min.	124±24,1	11,5	8,4
Lying down, min.	195±28,0 <sup>*</sup>	16,4	9,9
Chewing gum, min.	156±17,6	22,8	17,9
Moving, min.	142±11,2	25,8	19,3
VI and older, n=26			
Milk yield per lactation, kg	6204±58,9 <sup>***</sup>	335,0	5,4
Eating, min.	270±9,6 <sup>***</sup>	17,7	6,5
Standing, min.	116±14,4	12,2	10,5
Lying down, min.	183±24,8 <sup>*</sup>	10,4	5,7
Chewing gum, min.	146±17,3	24,8	17,0
Moving, min.	152±16,2	28,6	18,8

Notes: \* $P < 0.95$ ; \*\* $P < 0.99$ ; \*\*\* $P < 0.999$ , compared to the indicators of cows of the first lactation



It was found that in terms of chewing duration, there was also a significant difference between the index of cows of the first and second lactation by 3.9% less, with animals of the third lactation - by 25.0% ( $P < 0.99$ ), by 13.8% - of the fourth-fifth lactations, by 19.4% - of the sixth lactation and older.

Cows of the second lactation spent more time standing by 9.4% compared to cows of the first lactation, by 4.7% - with animals of the third lactation, by 3.2% less - of the fourth-fifth lactation, by 9.4% less - of the sixth lactation and older.

Thus, the dependence of productivity on feed activity was established, which confirms the main conclusion about the need to evaluate and take into account these parameters when forming technological groups.

The coefficient of variability of the duration of feed intake in cows of the first lactation was 11.3% (average variability of the trait), in cows of the second and older lactation - 6.2-7.5% (average variability of the trait), but the indicator was almost twice as low.

The index of variability of the trait of active movement in cows of the first and second lactations was characterized by an average variability of the trait (7.3 and 7.4%), with a strong variability of this trait in older animals (17.1-19.3%).

With age, the index of variability of the duration of supine rest decreased. The coefficient of variability of the index of lying down rest in cows of the first lactation was 14.4% (average variability of the trait), in cows of the second - 12.9%, in the third - 11.0%, in the fourth-fifth - 16.4, in the sixth and older - 10.4% (average variability of the trait).

Thus, the coefficient of variability of ethological indicators is not constant and is adjusted by the influence of housing conditions, environmental factors, and the intensity of selection.

The ratio of time spent on individual elements of cow behavior. Analyzing the ratio of time spent on individual elements of cow behavior, it was found that ethological indicators vary depending on the level of milk production. Cows with lower milk yields spent most of their time lying down, while animals with higher productivity levels consumed feed for the longest time and were more active.

Cows of the first lactation spent the largest share of daily time (37.5%) on feed consumption. At the same time, the animals spent an average of 25.4% resting in a lying position, 16.1% standing, and 21.1% moving.

As for the second lactation cows, the analysis showed that the act of eating feed lasted the longest and accounted for 36.0% of the total time. On average, the animals spent 27.1% of their time resting in a lying position, 17.2% standing, and 19.7% moving.

In dairy cows of the third lactation, the main time of daily behavior was spent on feed consumption and amounted to 33.1%. Cows of the third lactation spent 26.7% on resting in the supine position, 18.6% on standing, and 21.8% on movement.

Cows of the fourth and fifth lactations spent the largest share of daily time (36.5%) in the supine position. At the same time, the animals spent an average of 30.0% on feed consumption, 19.4% standing, and 14.0% moving.

The analysis of the duration of behavioral reactions of cows of the sixth lactation and older showed that the act of lying down lasts the longest and accounts



for 35.6% of the total time. On average, the animals spent 28.9% of their time eating feed, 17.8% standing, and 18.0% moving.

Analyzing the ratio of time spent on individual elements of cow behavior, it was found that ethological indicators vary depending on age. Older animals spent most of their time lying down and standing and spent more time eating feed, while younger animals were more active and spent more time in active movement.

Relative variability of ethological traits of cows and milk yield per lactation. The relationship between milk yield per lactation and ethological traits was characterized by the presence of a medium to strong correlation between traits in cows of different ages. A strong, direct correlation was established between the milk yield of cows of the first and second lactations and the time of feed intake ( $r=-0.82$  - first lactation,  $r=0.88$  - second lactation), an average direct correlation - in older cows ( $r=0.650$  - third lactation,  $r=0.62$  - fourth and fifth lactation,  $r=0.69$  - sixth and older) (Table 2).

An average, inverse, statistically significant correlation ( $P \geq 0.999$ ) was established between cow's milk yield per lactation and the duration of standing rest ( $r=0.41$  - first lactation,  $r=-0.45$  - second lactation,  $r=-0.35$  - third lactation,  $r=-0.46$  - fourth - fifth lactation,  $r=-0.51$  - sixth and older).

**Table 2. - Relative variability of cow ethological traits and milk yield per lactation,  $r \pm Sr$**

Correlating features	Lactation				
	I	II	III	IV-V	VI and older
<i>n</i>	15	21	29	16	26
Feeding time - hopes for lactation	0,82± 0,093	0,88± 0,147	0,65± 0,122	0,62± 0,024*	0,69± 0,122
Standing resting time - hopes for lactation	0,41± 0,034	-0,45± 0,089***	-0,35± 0,078***	-0,46± 0,031***	-0,51± 0,015***
Resting time lying down - hopes for lactation	-0,58± 0,024	-0,25± 0,217	0,15± 0,042***	0,25± 0,122***	0,29± 0,012***
Chewing time - hopes for lactation	0,54± 0,145	0,60± 0,247	0,21± 0,051*	0,34± 0,024	0,31± 0,044
Time of movement - hopes for lactation	-0,27± 0,111	-0,29± 0,242	-0,54± 0,137	-0,67± 0,122*	-0,34± 0,217

Notes: \* $P < 0.95$ ; \*\* $P < 0.99$ ; \*\*\* $P < 0.999$ , compared to the indicators of cows of the first lactation

An average, inverse correlation was observed between cow milk yield and the duration of active movement ( $r=-0.27$  - first lactation,  $r=-0.29$  - second lactation,  $r=-0.54$  - third lactation,  $r=-0.67$  - fourth - fifth lactation,  $r=-0.34$  - sixth and older).

Thus, there is a mutual relationship between the trait of "milk yield per lactation" and ethological parameters, the regularities of which should be taken into account in the early assessment of productive and ethological qualities by these indicators that correlate with the characteristics of older cows.



**Factorial dependence of cow milk yield on age.** Analysis of variance is a set of statistical methods designed to test hypotheses about the relationship between a certain trait and the studied factors that do not have a quantitative description, as well as to determine the degree of influence of factors and their interaction.

The analysis of variance of the one-factor uneven complex and the analysis of the effect of age on cow milk yield per lactation showed that the greatest influence on the trait is the lactation number, which is 74.5%. The share of the influence of unaccounted factors in the study of the factorial dependence of milk yield on age was 25.5%.

Analyzing the factorial dependence of the level of average daily milk yield of cows depending on age, it was found that the greatest influence on the formation of this trait has age, the strength of influence of which was 61.6%. When studying the factorial dependence of the level of average daily milk yield on age, it was found that the strength of influence of unaccounted factors was 38.4%.

The economic evaluation of cows' milk productivity was carried out by such indicators as average milk yield per cow, cost and selling price of one centner of milk, gross milk yield, profit per cow (Table 3).

**Table 3. - Economic evaluation of cow productivity by lactation**

<i>Indicators</i>	<i>Lactation</i>				
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV-V</i>	<i>VI and older</i>
<i>n</i>	15	21	29	16	26
Milk yield per cow, kg	4110	4862	5446	6507	6204
Gross milk yield, c	616,5	1021,0	1579,3	1041,1	1613,0
Cost price of 1 cwt of milk, UAH.	698	698	698	698	698
Realized price of 1 cwt of milk, UAH.	781	781	781	781	781
Profit, thousand UAH	51,2	84,7	131,1	86,4	133,9
Profit per cow, thousand UAH.	3,4	4,0	4,5	5,4	5,1

The calculations showed that, taking into account the serial number of lactation, the highest profit per cow was obtained from cows of IV-V lactation (5.4 thousand UAH) and VI lactation and older (5.1 thousand UAH).

The figure for IV-V lactation cows was 36.8% higher than the profit, compared to cows of the first lactation, 25.3% for cows of the second lactation, 16.3% for cows of the third lactation, and 4.6% for cows of VI lactation and older.

The indicator of cows of the sixth lactation and older was 33.1% higher than the profit, compared to cows of the first lactation, second lactation - by 20.9%, third lactation - by 11.4%, VI lactation and older - by 5.9%.

**Conclusions.** The milk yield of cows of the second lactation was higher than that of first-born cows by 18.3%, the third - by 32.5%, the fourth - fifth - by 58.3%, the sixth and older - by 50.9%.

It was found that ethological traits and indicators of milk production of cows are characterized by a medium and high degree of phenotypic variability. With age, cows rested less time lying down, but spent more time eating feed.



The duration of feed intake in cows of the first lactation was 208 minutes, which is 3.8% less than in animals of the second lactation, 14.4% in the third, 24.5% in the fourth and fifth ( $P < 0.99$ ), and 29.8% in the sixth and older lactations ( $P < 0.999$ ), respectively. Cows of the second lactation spent more time standing by 9.4% compared to cows of the first lactation, by 4.7% - with animals of the third lactation, by 3.2% less - of the fourth-fifth lactations, by 9.4% less - of the sixth lactation and older.

The coefficient of variability of ethological indicators is not constant and is adjusted by the influence of housing conditions, environmental factors, and the intensity of selection.

By analyzing the ratio of time spent on individual elements of cow behavior, it was found that ethological indicators vary depending on the level of milk production. Cows with lower milk yields spent most of their time lying down, while animals with higher productivity levels consumed feed for the longest time and were more active.

Ethological indicators vary with age. Older animals spent most of their time lying down, standing, and more time consuming feed, while younger animals were more active and spent more time in active movement. Cows of the first and second lactations spent the largest proportion of daily time (37.5% and 36.0%, respectively) on feed intake. Cows of the fourth and fifth lactations and the sixth lactation and older spent the largest proportion of daily time (36.5% and 30.0%, respectively) in the lying down position.

The relationship between milk yield per lactation and ethological parameters was characterized by the presence of a medium and strong correlation between the traits in cows of different ages. A strong, direct correlation was established between the milk yield of cows of the first and second lactations and the time of feed intake ( $r = -0.82$  - first lactation,  $r = 0.88$  - second lactation), an average direct correlation - in older cows ( $r = 0.650$  - third lactation,  $r = 0.62$  - fourth and fifth lactation,  $r = 0.69$  - sixth and older).

Analyzing the factor dependence of the level of milk yield per lactation in cows, it was found that the greatest influence on the formation of this trait is age, the strength of which is 74.5%, and the share of the influence of unaccounted factors was 25.5%.

The highest profit per cow was obtained from cows of the fourth - fifth lactation (5.4 thousand UAH) and the sixth lactation and older (5.1 thousand UAH), which was 36.8% higher than the profit of cows of the first lactation, cows of the second lactation - by 25.3%, the third lactation - by 16.3%, the sixth lactation and older - by 4.6%. The figure for cows of the sixth lactation and older was 33.1% higher than the profit, compared to cows of the first lactation, 20.9% higher than the second lactation, and 11.4% higher than the third lactation.

## Literature

1. Influence of milking frequency on cow ethology. Bulletin of Dnipropetrovsk State Agrarian University. 2013. № 2 (32). P. 149-152.
2. Borshch A.A., Borshch A.V. Influence of different variants of untethered cow housing on the consumption of metabolic energy during low-temperature loading.



Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Animal Husbandry of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. 2017. Issue 117. P. 7-13.

3. Borshch OO, Borshch OV, Liskovych VA Ethological features of dairy cows of different fattening in a robotic farm. Technology of production and processing of livestock products. 2016. № 1. P. 5-9.

4. Borshch OO, Borshch OV Influence of high temperatures on heat resistance, clinical and energy indicators of cows under different variants of untethered housing. Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region. 2017. Issue 4. P. 141-149.

5. Borshch O.V., Kosior L.T. Feeding behavior of cows in conditions of untethered box housing [Electronic resource].

6. Borshch O.V., Kosior L.T. Behavior of highly productive cows in conditions of free-range housing with year-round feeding of the same type. Scientific Bulletin of Luhansk National Agrarian University. 2009. №11. P. 94- 97.

7. Haydenko O., Yevtushenko S. Ethological features of the formation of animal productivity. Agribusiness today.

8. Gulsen J. Cow signals: a practical guide to management in dairy farming. Moscow, 2013. 95 p.

9. Ethological aspects of the organization of cattle grazing. Scientific Bulletin of LNUVMBT named after S.Z. Grzycki. 2010. Vol. 12. No. 3(45). Part 4. P. 196-199.

10. Robotic milking of cows: return on investment. Agribusiness today. 2015. № 17 (312). P. 48-52.

11. Productivity of Ukrainian red dairy cows depending on the duration of productive longevity. Tavriyskyi naukovi vestnik. 2015. № 94. P. 99-103.

12. Klymkovetskyi AA, Nosevych DK Heredity and repeatability of selection traits of cattle of Kyiv factory type of Ukrainian black-and-white dairy breed. Scientific reports of NUBiP of Ukraine. 2019. № 6 (82). URL: <http://file:///C:/Users/USER/Downloads/13498-30555-1-PB.pdf>.

13. Kovalchikova M., Kovalchik K. Ethology of cattle. M: Agropromizdat, 1986. 208 p.

14. Kozyr V.S. Modern problems of animal husbandry. A course of lectures (Methodical manual for students of the biotechnology faculty). Dnipropetrovs'k, 2009. P. 147-148.

15. Korol A.P. Behavior of cows in conditions of tethered and untethered housing. 2009.

16. Kuznetsov A.F., Demchuk M.V. Hygiene of farm animals. M., 1991. P. 53-54.

17. Lutsenko M.M., Halay O.Y. Creating comfortable conditions for keeping highly productive cows in innovative technologies. Collection of scientific papers of UkrNDIPVT named after L. Pogorelov. 2017. Issue 21 (35). P. 313-319.

18. Omelkovych S.P. Economically useful traits of Ukrainian Black-and-White dairy cows of different genotypes and their compliance with the parameters of the desired type. Collection of scientific papers of Podil State Agrarian and Technical University. 2009. Issue 17. P. 79-82.

19. Pelekhatyi M.S., Shulyar A.L. Milk productivity of cows of newly created Ukrainian dairy breeds. Zootechnical science: history, problems, prospects: materials



of the international scientific and practical conference, March 16-18, 2011: abstracts of the supplement. Kamyanets-Podilsky, 2011. P. 190-191.

20. Piddubna L.M., Pelekhatyi M.S. Influence of genetic factors on the productivity of dairy herd. Collection of scientific papers of Vinnytsia National Agrarian University. 2011. Issue 8 (48). P. 38-44.

21. Behavioral reaction of calves to the technological environment and variability of ethological traits. Technology of production and processing of livestock products. 2013. Issue 21. P. 218-220.

22. Pidpala T.V., Yasevin S.E. Ethological assessment of the suitability of dairy cattle for intensive technology. Technology of production and processing of livestock products. 2012. Issue 7 (90). P. 70-74.

23. Pirova L.V., Borshch O.O., Borshch O.V., Donchenko T.A., Kosior L.T. Influence of low temperatures on behavior, productivity and bioenergetic traits of cows during untethered keeping in easily assembled premises. Ukrainian Journal of Ecology. 2017. Vol. 7 (3). P. 73-77.

24. Polishchuk T.V., Vorobiova T.V. Ethology of over-repairing young stock under different methods of keeping. Agrarian science and food technologies. 2016. Issue 2 (92) P. 149-156.

25. Polishchuk T.V. Feeding behavior of cows in the summer period under different systems of keeping. Collection of scientific papers of Podilskyi State Agrarian and Technological University. 2013. Issue 21. P. 232-233.

26. Variability of ethological traits of cows depending on the level of productivity. Agrarian science and food technologies. 2018. Issue 4(103). P. 118-129.

27. Behavior of dairy cows depending on the level of milk production. Collection of scientific works of VNAU. 2014. Issue 2 (86). P. 74-79.

28. Polishchuk T.V., Polevyi L.V. Index of functional activity of cows in the transition period from winter to summer under different systems of cow keeping. Collection of scientific works of VNAU. 2011. Issue 9(49). P. 142-147.

29. Polupan Y. Prospects for breed improvement of dairy cattle breeding. Proposal. 2011. №24(223). C. 153-158.

30. Ruban S.Y., Vasilevsky M.V. Organization of normalized feeding in dairy farming. K., 2015. 136 p.

31. Ruban Y.D. Desirable types and breeding use of dairy cattle. K.: Urozhay, 1987. 136 c.

32. The influence of growth intensity on the milk productivity of cows. Bulletin of Agrarian Science. 2007. № 12. P. 32-35.

33. Tkachuk V.P., Kravchuk D.A. Dairy productivity of cattle and factors that determine it. Technology of production and processing of livestock products. 2016. Issue 6. P. 38-41.

34. Influence of the age of the first insemination and the first calving of cows on their milk production. Tavriyskyi naukovi vestnik. 2019. № 109. Part 2. P. 155-161.

35. Naomi A. The Feeding Behavior of Dairy Cows: Considerations to Improve Cow Welfare and Productivity. Tri-State Dairy Nutrition Conference: Department of Animal Sciences The Ohio State University. 2007. P. 29-42.

36. Provalo G., Riva E. Daily and seasonal patterns of lying and standing



behaviour of dairy cows in a freestall barn. Innovation Technology to Empower Safety, Health and Welfare in Agriculture and Agro-food Systems: International Conference. 2008. P. 1–8.

37. Ribeiro Filho H.M. Foraging behavior and ruminal fermentation of dairy cows grazing ryegrass pasture alone or with white clover. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2012. Vol. 47. P. 458–465.





УДК: 33.658.5

## THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON THE PRODUCTIVITY OF TECHNICAL VARIETIES OF GRAPES IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST STEPPE

### ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТЕХНІЧНИХ СОРТІВ ВІНОГРАДУ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

Padalko T.O./ Падалко Т.О.

doctor of philosophy (Agriculture)

ORCID:0000-0001-9299-3721

Higher educational institution "Podillia State University",

Kamenets-Podolsky, Shevchenko 13, 32316

**Анотація.** Наукова стаття містить результати експериментальних досліджень в галузі виноградарства, зокрема, зміни агрокліматичних умов на продуктивність технічних сортів винограду в зоні Правобережного Лісостепу. Кліматичні особливості та погодні умови (зміна кількості тепла, опадів, сили вітрів, тощо) під час вегетації винограду у великій мірі впливали на продуктивність досліджуваних сортів, що дало можливість правильно застосовувати агротехнічні заходи, що виконані вчасно та якісно, які в свою чергу вплинули на отримання високого рівня продуктивності.

**Ключові слова:** технічні сорти, агрокліматичні умови, продуктивність.

#### Вступ.

Специфіка розвитку виноградарської галузі визначається її тісним зв'язком з погодними та кліматичними умовами. Для України успішність культивування та рентабельність сортів винограду пов'язана з стійкістю вирощуваних до дії несприятливих кліматичних умов. Ареал промислового вирощування винограду поступово поширюється на північ та захід, отримуючи необхідну кількість тепла, а стратегія розвитку виноградарської галузі в країні взагалі і в окремих районах зокрема, в тому числі вибір сортименту винограду, базується на всебічному аналізі режимів температур і вологи впродовж багатьох років як у ретроспективі, так і в майбутньому.

Організація, яка займається дослідженням зміни клімату, є Консультативна група з міжнародних сільськогосподарських досліджень (CGIAR), яка керує проектом «Зміна клімату, сільське господарство і продовольча безпека» (ССАФС), що досліджує вплив зміни клімату саме на сільське господарство [1].

Передумовою для сталого розвитку галузі виноградарства є проведення великомасштабного ампелоекологічного районування території з подальшою розробкою рекомендацій щодо розміщення виноградних насаджень на сортовому рівні. Вибір території для проектування нових виноградників, реконструкції існуючих є комплексна ампелоекологічна карта для детальної оцінки території [2].

Класичним прикладом адаптивної стратегії, яка застосовується у виноградарстві, є стійке управління виноградниками, яке може сприяти поглинанию та покращенню стійкості ампелоекотопів на основі екосистемного підходу [3].

Технічні сорти винограду поширені далеко за межами ареалів свого походження, тому, ще до глобальних змін клімату, виноградники були



зосереджені саме на півдні. Кліматичні особливості та умови погоди сьогодення, дозволили культивувацію виноградних сортів в досліджуваній зоні. При цьому, велику увагу слід приділити сортовивченню та агротехніці [3].

Клімат відіграє вирішальну роль у розвитку виноградних рослин через оптимальні теплові вимоги, наявність води протягом циклу вирощування та інтенсивність і ступінь випромінювання, що може порушити ріст, продуктивність та якість показників врожаю [6].

Проведений аналіз метеорологічних даних у зоні Правобережного Лісостепу, за результатами аналізу метеоданих Кам'янець-Подільської метеорологічної станції Хмельницького обласного центру з гідрометеорології, демонструє чітку тенденцію до суттєвих змін у формуванні основних вегетації винограду в річному циклі стосовно температурного фактора та опадів.

Мета роботи полягала у вивченні особливостей продуктивності винограду сучасних технічних сортів, залежно від кліматичних умов і досліджуваних факторів Правобережного Лісостепу України.

#### **Матеріали та методи дослідження.**

Унікальність публікації є в тому, що для стабілізації врожаю винограду постала гостра необхідність перегляду загального підходу до існуючої методики вдосконалення основних елементів технології вирощування, яка має бути адаптивною конкретно для кожної ґрунтово-кліматичної зони й спрямована на раціональне використання вологи, оптимальну пристосованість її основних елементів. Одним із найпростіших методів відображення можливих змін у кліматичному режимі будь-якої метеорологічної величини є порівняння з минулими даними, зокрема середніми багаторічними величинами.

Об'єкт досліджень – рослини винограду (*Vitis vinifera L.*), біопрепарати.

Експериментальні дослідження проводилися впродовж 2020 – 2022 рр. у межах польових стаціонарних дослідів технічних сортів винограду Каберне Совіньйон та Рислінг Магараца, та біопрепаратів Біосил, Еколист і Наномікс на базі ПП с. «Онищуків» Хмельницької області. Формування кущів – двоштамбовий кордон, схема садіння 3,0x1,5 м. Обприскування кущів проводили з розрахунку 250 мл/кущ, 550 л/га. Обробку препаратами кущів винограду проводили у такі строки: I – за 5 – 7 днів до цвітіння; II – одразу після цвітіння; III – перед досяганням ягід. Дослід закладено у трикратній повторюваності по 15 облікових кущів в кожній, методом рендомізації. Догляд за насадженнями та ґрунтом був звичайний, прийнятим виробництвом.

За вмістом гумусу чорноземи відносяться до мало гумусних – 1,83 %. Рослини винограду, як і рослини на цих ґрунтах отримували значну кількість для споживання рухомого фосфору 214 мг/кг та обмінного калію 104 мг/кг (за Чириковим), проте, вміст легко гідролізованого азоту був дуже низький і становив 43,5 мг/кг (за Корнфільдом) [5].

Погодні показники свідчать про сприятливі умови для зростання винограду в досліджуваному регіоні Правобережного Лісостепу України.

#### **Результати дослідження.**

Виноградна рослина відноситься до родини виноградних *Vitaceae Juss*, яка об'єднує 15 родів та більш ніж 1020 видів [4].



За фенологічними спостереженнями, річний життєвий цикл винограду складається з активного періоду вегетації та періоду відносного (зимового) спокою. У свою чергу, період вегетації поділяється на окремі фази: від початку сокорухливості до розпускання бруньок; від початку розпускання бруньок до початку цвітіння; від початку до кінця цвітіння; від зав'язування ягід до початку стиглості; від початку стиглості до повної стиглості ягід; від повної стиглості ягід до листопаду [6; 7].

Щорічні спостереження полягали у фіксуванні фаз вегетаційного періоду росту і розвитку винограду в умовах господарства (табл. 1).

**Таблиця 1 - Основні активні фази розвитку сортів винограду в умовах господарства Садиба «Онищуків», середнє за 2021–2022 рр.**

Сорт	Початок сокорухливості до розпускання бруньок	Початок розпускання бруньок до початку цвітіння	Завершення цвітіння досягання ягід	Зав'язування ягід до початку стиглості	Повна стиглість ягід до листопаду	Сума активних температур	
						2021	2022
*Каберне Совіньйон,	24.IV±4	06.VI±10	22. VII±4	04.IX±5	15.X±7	1160°C	1235°C
Рислінг Магарача,	25.IV±2	07.VI±9	12.VIII±3	13.IX±5	15.X±7		

Інтервал між розпусканням вічок та цвітінням винограду в середньому – 42 діб. За строком початку цвітіння різниця між сортами становила до 5 діб. Тривалість цвітіння становила 9±2 доби. Найраніше (12.VIII±3діб) технічна зрілість ягід настає у сорту Каберне Совіньйон, найпізніше в сорту Рислінг Магарача (13.IX±5 діб). Впродовж двох років від моменту садіння сила росту пагонів збільшилася в середньому по сортах на 12 %, однак визріла частина однорічного приросту була майже однаковою за всі роки вивчення (87–90 %).

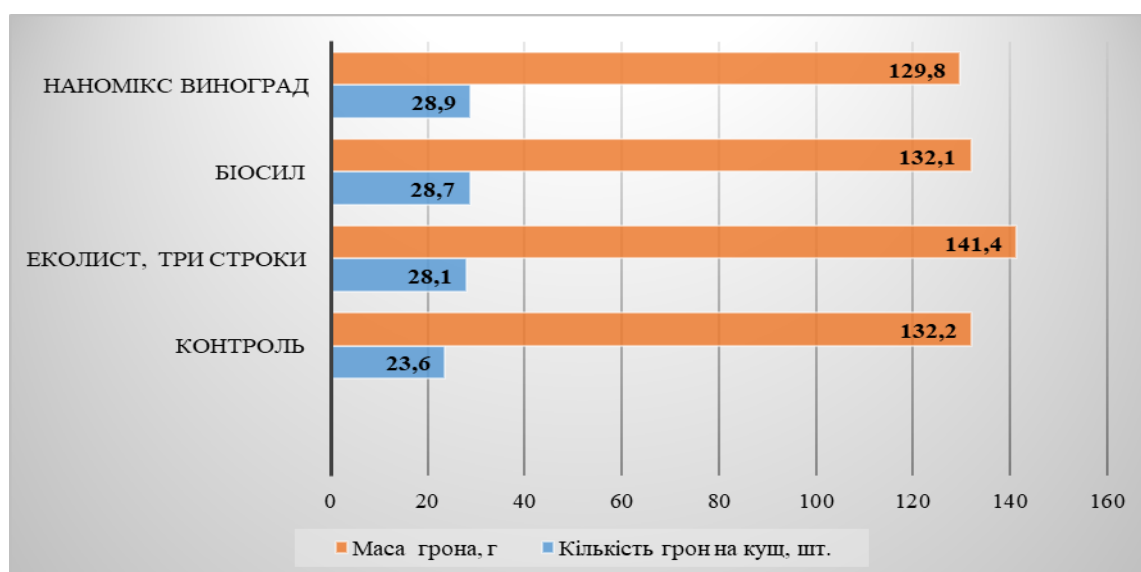
Вегетація винограду розпочалася при температурі повітря 10 – 12°C в залежності від виду та сорту. У період цвітіння несприятливою є температура нижче 14°C, в період досягання – нижче до 18°C. Максимальна температура 2021 року становила +32.1° С спостерігалася в травні місяці, так як мінімальна - 19.5° С була в січні та не загрожувала винограднику. Найбільше опадів 99,8 – 129.9 мм випало в липні та серпні, що позитивно позначилося на наростанні зеленої маси вегетуючої частини. В 2022 році найбільша кількість опадів спостерігалася в вересні 115, 5 мм при середньо-багаторічних даних – 85 мм. Температура повітря змінювалася до середньобагаторічних. Спекотно було в червні +32.4°C, мінімальна температура спостерігалася в січні та становила - 14.2° С. Значно погіршилась ситуація в серпні місяці повітряна засуха та нестача опадів негативно впливали на проходження фаз розвитку. Загальна кількість опадів серпня місяця становила 18,7 % від середньої багаторічної норми (68 мм). За вегетаційний період винограду випало 431,9 мм опадів.

На ріст і розвиток винограду також впливають погодні умови попереднього року, під дією яких формуються генеративні органи виноградної рослини.

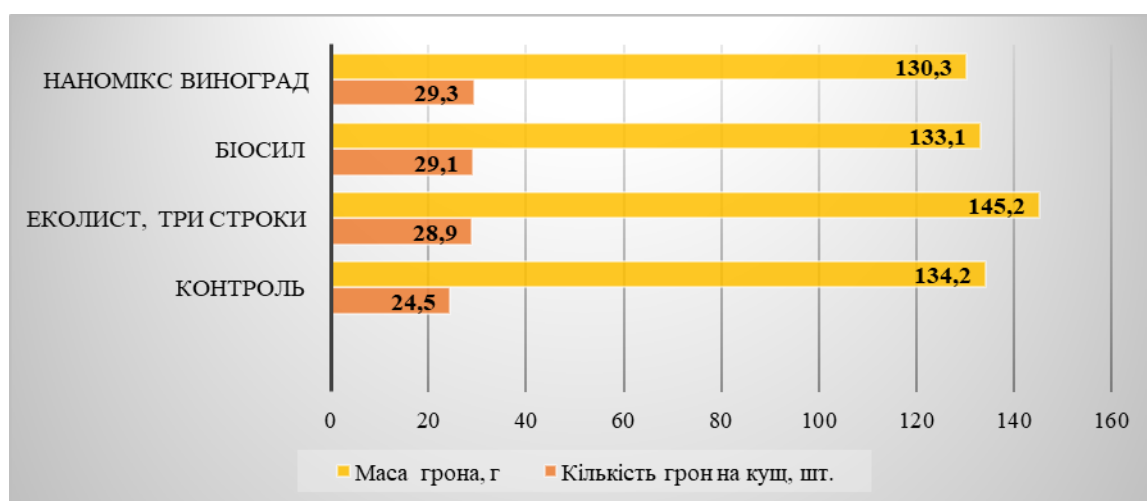


Технічні сорти винограду в умовах господарства формували дуже високу частку плодоносних пагонів (біологічна продуктивність), а визначення кращого сорту з існуючих є першочерговим завданням при розробці елементів технології вирощування винограду.

У середньому за два роки досліджень показники продуктивності сорту Каберне Совіньйон, при застосуванні препарату Біосил кількість грон збільшилась на 5,1 шт./кущ порівняно із контролем; при застосуванні препарату Наномікс виноград, кількість грон становила 28,9 шт./кущ, що на 5,3 шт./кущ більше контролю, а при застосуванні Еколисту, показники суттєвої різниці не показали. Маса грона, у середньому за два роки, при застосуванні досліджуваних препаратів збільшилась на 11,6 г (рис. 1; 2).



**Рис. 1. Застосування позакореневого підживлення Еколистом, Біосилом та Наномікс виноград на продуктивність сорту Каберне Совіньйон (середнє за 2021 – 2022 рр.)**



**Рис. 2. Застосування позакореневого підживлення Еколистом, Біосилом та Наномікс виноград на продуктивність сорту Рислінг Магарача (середнє за 2021 – 2022 рр.)**



Показники продуктивності сорту Рислінг Магарача при застосуванні позакореневого підживлення Еколістом, Біосилом та Наномікс виноград мали найвищі результати маси грона та кількості грон на рослині до 29 штук.

**Обговорення та аналіз результатів.** У ході дослідження встановлено позитивний вплив даних біопрепаратів на розвиток біометричних показників порівняно з контрольним варіантом при глобальних змінах погодних умов.

Виноградна лоза може бути уражена морозом у суворі зими, які спостерігалося за декілька років назад, в період глобального потепління, з показника активних температур, впродовж тривалого часу стояла тепла погода, яка спричинила передчасний рух соків у лозі, проте, уражені весняними приморозками лози потребують до себе відповідної уваги і такого проведення зелених операцій, яке б гарантувало нормальне живлення рослин. Адаптивні технології, щодо вирощування виноградної рослини, а також створення нових більш стійкіших сортів до різних катаклізмів погоди може сприяти тій градації, що призвела до порушення нормального фізіологічного циклу індивідуального розвитку рослини.

### **Висновки.**

Наслідки зміни клімату, разом із майбутніми прогнозами, становлять серйозні виклики для виноградарства та виноробства, тому важливо вдосконалювати практичні та науково обґрунтовані знання для підвищення адаптивних реакцій виноградної рослини до змін клімату.

*Подяки.* Господарству ПП с. «Онищуки» за проведення досліджень.

### **Бібліографія (ГОСТ)**

1. Agriculture, Food Security and Climate Change: Outlook for Knowledge, Tools and Action. CCAFS. Report № 3, 2010. 16 p.
2. Ляшенко Г. В. Моделювання впливу зміни клімату на продуктивність технічних сортів винограду у Північному Причорномор'ї: Український гідрометеорологічний журнал. 2014. № 14. С. 112-122. – Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj> 2014 14 13
3. Агрокліматичний довідник по території України / за редакцією: Т. І. Адаменко, М. І. Кульбиди, А. Л. Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р.С., 2011. 108 с
4. Гель І. М. Історія розвитку виноградарства: навч. п. Львів, 2016. 246 с.
5. Біолого-екологічні особливості винограду: навчальний посібник / Дробітько А.В., Ткачова Є.С., Маркова Н.В., Панфілова А.В., Б63 Кузьома В.В., Біліченко О.С. Миколаїв: МНАУ, 2020. 307 с. ISBN 978-617-7149-48-3
6. Шуліка Б. О. Фази розвитку винограду в контексті типів погоди селища Високий. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. 2013. Вип. 18. С. 176-181. Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pbgo> 2013 18 51.
7. Dinis L.-T., Bernardo S., Condea A., Pimentel D., Ferreira H., Félix L., Gerós H, Correia C.M., Moutinho-Pereira J. Kaolin exogenous application boosts antioxidant capacity and phenolic content in berries and leaves of grapevine under summer stress. *Plant Physiol.* 2016. Vol.191. P. 45–53.



**Abstract.** *The scientific article contains the results of experimental research in the field of viticulture, in particular, changes in agroclimatic conditions on the productivity of technical grape varieties in the Right Bank Forest Steppe zone. Climatic features and weather conditions (changes in the amount of heat, precipitation, wind strength, etc.) during the growing season of grapes greatly influenced the productivity of the studied varieties, which made it possible to correctly apply agrotechnical measures performed on time and with high quality, which in turn affected obtaining a high level of productivity.*

**Key words:** *technical varieties, agro-climatic conditions, productivity.*

Стаття відправлена: 22. 02. 2023 р.

© Падалко Т.О.



УДК 577.112:633.11:631.8

**INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY OF PHOTOSYNTHESIS, YIELD AND QUALITY INDICATORS OF SPRING WHEAT GRAIN****ВПЛИВ ДОБРИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ФОТОСИНТЕЗУ, ВРОЖАЙНІСТЬ ТА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ЯРОЇ ПШЕНИЦІ****Kudriawytzka A.N./Кудрявицька А.М.***c.of agr.s., as.prof. / к.с.-г.н., доц.*ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2888-1981>

SPIN: 7001-1956

**Karabach K.S. / Карабач К.С.***c.of agr.s., as.prof. / к.с.-г.н., доц.*ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7706-231X>*National university of life and environmental sciences of Ukraine**Kyiv, street of Heroes of defensive, 15,03041**Національний університет біоресурсів і природокористування України,**м. Київ, вул. Героїв оборони, 15,03041*

**Анотація.** Дослідженнями на лучно-чорноземному карбонатному ґрунті встановлено, що тривале застосування мінеральних добрив на фоні післядії органічних, забезпечує приріст врожаю зерна районованого сорту ярої пшениці "Миронівська яра" на 1,62 т/га. Встановлено, що найбільший показник чистої продуктивності фотосинтезу становить 11,5 г/м<sup>2</sup> за добу у варіанті, де вивчали дію полуторної норми мінеральних добрив на фоні післядії 30 т/гною, у період найбільш інтенсивного росту рослин ярої пшениці, порівняно з контролем - 7 45 г/м<sup>2</sup>.

**Ключові слова:** яра пшениця, приріст врожаю, площа листя, суха речовина, продуктивність фотосинтезу.

Формування посівів з оптимальною площею листкової поверхні – найважливіша умова отримання високих врожаїв, яка може бути діагностичним показником врожайності [1-3]. Продуктивність посівів, рівень біологічних і господарських врожаїв сільськогосподарських культур повинні визначатися не одним показником, а динамічним співвідношенням всіх елементів фотосинтезу [4].

Найбільші і найкращі за якістю врожаї можна отримати тільки у посівах, які володіють оптимальними за розмірами площами листків та процесом їх формування [4-5].

Зв'язок між фотосинтезом і врожаєм дуже складний, і мінливий. Загальна кількість нагромадженої органічної речовини залежить від співвідношення між процесами їх синтезу і розкладання [9-10]. Вміст сухої речовини має безпосереднє відношення до кормової цінності культури. В зв'язку з цим важливим моментом є вивчення динаміки накопичення сухої речовини рослинами пшениці [2-4].

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що наростання площі листків ярої пшениці упродовж вегетаційного періоду відбувається нерівномірно (табл. 1).

Наростання площі листків на початку вегетації відбувається дуже повільно. У варіантах, що удобрювались цей показник коливався в межах 31,8–51,8 тис. м<sup>2</sup>/га, у контролі цей показник становив – 31,3 тис. м<sup>2</sup>/га



**Таблиця 1- Вплив тривалого застосування добрив на показники фотосинтезуючої активності ярої пшениці**

Варіант досліджу	Площа листків, тис. м <sup>2</sup> /га				Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м <sup>2</sup> за добу			
	2018 р.	2019 р.	2020 р.	середнє за 3 роки	2018 р.	2019 р.	2020 р.	середнє за 3 роки
Без добрив (контроль)	31,3	30,9	31,7	31,3	7,09	7,45	7,82	7,45
Післядія 30 т/га гною (фон)	31,2	31,8	32,6	31,8	7,14	7,5	7,87	7,50
Фон+P <sub>80</sub>	33,7	34,3	35,1	34,3	7,25	7,63	8,01	7,63
Фон+P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	39,7	40,5	41,5	40,5	7,7	8,1	8,5	8,1
Фон+N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	44,9	45,6	46,7	45,7	8,74	9,2	9,66	9,2
Фон+N <sub>110</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	50,9	51,6	52,9	51,8	10,9	11,6	12,2	11,5
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	43,2	43,7	44,8	43,9	8,28	8,7	9,13	8,7
<i>НІР<sub>05</sub></i>	<i>5,22</i>	<i>5,70</i>	<i>6,64</i>	<i>5,85</i>	<i>0,84</i>	<i>1,06</i>	<i>0,89</i>	<i>0,93</i>

Отримані результати досліджень свідчать про те, що застосування мінеральних добрив на фоні післядії 30 т/га гною суттєво вплинуло на наростання площі листової поверхні рослин ярої пшениці. Найвищий показник наростання площі листків ярої пшениці відмічений у варіанті, де вносили полуторну норму добрив на фоні післядії 30 т/га гною, який становив 51,8 тис. м<sup>2</sup>/га.

Результати дослідження свідчать про те, що найбільший показник чистої продуктивності фотосинтезу складає 11,5 г/м<sup>2</sup> за добу у варіанті, де ми вивчали дію полуторної норми мінеральних добрив на фоні післядії 30 т/га гною, у період найбільш інтенсивного росту рослин ярої пшениці, порівняно з контролем – 7,45. Результати досліджень свідчать про те, що добрива впливають на приріст сухої речовини в рослинах ярої пшениці (табл.2).

**Таблиця 2- Вплив тривалого застосування добрив в сівозміні на накопичення сухої речовини в рослинах ярої пшениці**

Варіант досліджу	Фаза росту і розвитку рослин			
	кущення	вихід в трубку	колосіння	повна стиглість
Без добрив (контроль)	21,1	225,5	610,5	756,0
Післядія 30 т/га гною (фон)	29,2	434,5	649,0	828,5
Фон+P <sub>80</sub>	40,5	464,5	632,0	797,0
Фон+P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	42,7	464,0	782,0	840,5
Фон+N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	51,7	580,0	746,0	864,0
Фон+N <sub>110</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	53,6	664,0	777,5	881,5
N <sub>80</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	38,2	507,5	651,0	748,0
<i>НІР<sub>05,2</sub></i>	<i>5,4</i>	<i>60,8</i>	<i>59,8</i>	<i>36,6</i>





Встановлено, що в усі фази росту і розвитку рослин ярої пшениці, кількість сухої речовини у варіантах, що удобрювалися перевищувала її показники у варіанті без добрив (контроль). У період найінтенсивнішого росту рослин ярої пшениці за умов тривалого застосування добрив кількість сухої речовини у контролі (без добрив) становила - 756 г (маса 100 сухих рослин). Приріст сухої речовини ярою пшеницею сорту Миронівська яра у варіантах, що удобрювалися коливався в межах 29,2–53,6 г у фазу кущення, 434,5–664,0 г у фазу виходу в трубку, 632,0–777,5 г у фазу колосіння, у фазу повної стиглості – 797,0–881,5 г. Накопичення сухої речовини у варіанті (без добрив), контролі по основних фазах росту і розвитку рослин пшениці становила відповідно – 21,1, 225,5, 610,5, 756,0 г.

Таким чином, в процесі росту і розвитку рослин ярої пшениці, суха речовина нарощується не рівномірно, що пов'язано з рівнем мінерального живлення. Найінтенсивніше нарощування сухої речовини спостерігалось від початку фази весняного кущення до фази виходу в трубку, в період росту стебла, і від фази виходу в трубку до фази цвітіння. Саме цим визначаються вимоги рослин ярої пшениці до умов живлення в різні періоди вегетації.

Результатами досліджень встановлено, що систематичне застосування добрив викликає значні зміни урожайності ярої пшениці сорту «Миронівська яра» (табл.3.). Найбільш високий урожай отримано при внесенні  $N_{110}P_{120}K_{120}$  на фоні післядії 30 т/га гною – 3,8 т/га зерна ярої пшениці. Тривале застосування мінеральних добрив на фоні післядії 30 т/га гною сприяє підвищенню врожаю зерна ярої пшениці на 0,51-1,62 т/га, при урожаї на контролі відповідно 2,18 т/га (табл. 3).

**Таблиця 3 - Вплив тривалого застосування добрив на урожай зерна ярої пшениці, т/га**

Варіант досліджу	Урожай, т/га				Приріст до контролю, т/га			
	2018 р.	2019 р.	2020 р.	в середньому за 3 роки	2018 р.	2019 р.	2020 р.	в середньому за 3 роки
Контроль	2,08	2,40	2,06	2,18	-	-	-	-
Післядія 30 т/га гною-Фон	2,44	2,90	2,73	2,69	0,36	0,5	0,67	0,51
Фон+ $P_{80}$	2,73	3,37	3,12	3,07	0,65	0,97	1,06	0,89
Фон+ $P_{80}K_{80}$	2,62	3,12	2,94	2,89	0,54	0,72	0,88	0,71
Фон+ $N_{80}P_{80}K_{80}$	3,25	3,66	3,52	3,47	1,17	1,26	1,46	1,29
Фон+ $N_{110}P_{120}K_{120}$	3,62	3,97	3,83	3,80	1,54	1,57	1,77	1,62
$N_{80}P_{80}K_{80}$	2,98	3,45	3,26	3,23	0,9	1,05	1,2	1,05

$HP_{0,05}$ , т/га  
0,15 -  
0,24



Аналіз урожайних даних свідчить про те, що найбільш високу прибавку врожаю зерна ярої пшениці-1,62 т/га отримано при внесенні Фон+N<sub>110</sub>P<sub>120</sub>K<sub>120</sub> на фоні післядії гною. Дещо меншу прибавку врожаю отримано при внесенні одинарної норми добрив на фоні післядії гною, яка складає 1,29 т/га Найменшу прибавку врожаю отримано на варіантах, де вносились фосфорні та фосфорно-калійні добрива на фоні післядії органічних, яка становила відповідно-0,71, 1,05 т/га.

Отримані результати свідчать про те, що врожайність зерна пшениці тісно корелює з показником накопичення сухої речовини, коливаючись в межах  $r = +0,90-0,96$ .

**Висновки.** Внесення різних доз і співвідношень мінеральних добрив на фоні післядії 30 т/га гною підвищує урожай зерна ярої пшениці сорту «Миронівська яра» на 0,51–1,62 т/га, при урожаї на контролі 2,18 т/га.

Внесення мінеральних добрив на фоні післядії 30 т/га гною вплинуло на приріст сухої речовини в рослинах ярої пшениці. В усі фази росту і розвитку рослин ярої пшениці кількість сухої речовини у варіантах, що удобрювалися перевищувала її показники у варіанті без добрив (контроль).

При вирощуванні ярої пшениці сорту «Миронівська яра» оптимальні показники площі листової поверхні, чистої продуктивності фотосинтезу відмічені у варіанті, де вивчалась дія полуторної норми мінеральних добрив на фоні післядії 30 т/га гною.

### Література:

1. Городній М.М. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення. – К.: Алефа, 2004.–140с.
2. Мінеральні добрива пролонгованої дії для оптимізації живлення сільськогосподарських культур: [рекомендації для сільськогосподарських підприємств України різних форм власності] / М.М. Городній, А.В. Бикін, І.В. Логінова та ін. – К.: ТОВ "Центр ІТ", 2010. - 72 с.
3. Мовсумов З.Р., Кулиев В.Ф. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от доз минеральных удобрений // Агрoхимия. – 2003. – №9. – С. 42–45.
4. Christensen B.T., Sorensen. The distribution of native and labeled size fraction isolated from long-term incubation experiments.-J. Soil. Sci. -2015.-V.36.-P.219-229.
5. Loginova I.V. Basics of agricultural chemistry: [Manual for students specializing in Management] / I.V. Loginova. – К.: ТОВ «Центр ІТ», 2010. – 104 с.

**Abstract.** By researches on carbonate soil is certain that the protracted application of mineral fertilizers on a background the afteraction of organic, provides the increase of harvest of grain of the districted sort of fervent wheat on a 1,62 t/he. It is set that the most index of the clean productivity of photosynthesis makes a 11,5 g/ m<sup>2</sup> for twenty-four hours in a variant, where studied the action of one-and-a-half norm of mineral fertilizers on a background an afteraction a 30 t/he/ I leave to rot, in the period of the most intensive height of plants of fervent wheat, comparatively with control – 7,45 g/ m<sup>2</sup>.



**Key words:** *furious wheat, increase of harvest, area of sheets, dry substance, productivity of photosynthesis.*

Стаття відправлена 25.02.2023 р.  
© Кудрявицька А.М., Карабач К.С.



## CONTENTS

### Electronics

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-044> 3

THE CONTRIBUTION TO THE SCATTERING OF ELECTRONS  
IN THE RESISTIVITY AND TCR

*Buryk I. P., Hrychanovska T.M., Hrychanovska O.A.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-056> 11

PARAMETERS OF ELECTROCARRIED IN ASPECTS OF SIZE EFFECT

*Bibykh V. V., Hrychanovska T.M., Hrychanovska O.A.*

### Industrial engineering. Management engineering

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-017> 17

GIS AS A TOOL FOR DETERMINING THE CONSEQUENCES  
OF NEGATIVE ANTHROPOGENIC INFLUENCE

*Bandurka O.I., Sychuk O.V., Barabash O.V., Shvaiko V.G.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-022> 23

PRACTICAL ANALYSIS OF SOFTWARE QUALITY

*Kudryavtsev O. A.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-048> 29

METHODOLOGY FOR THE FORMATION OF COMPETENCES  
OF FIRST DEGREE HOLDERS IN THE DISCIPLINE «MATHEMATICAL  
FOUNDATION OF INFORMATION SECURITY»

*Pakhomova Victoria*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-050> 34

A METHOD FOR CONSTRUCTING LOGICAL CIRCUITS OF  
MINIMAL COMPLEXITY DESCRIBED BY SYMMETRIC  
FUNCTIONS BASED ON THEIR FUNCTIONAL DECOMPOSITION

*Paulin O.N.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-063> 40

RELEVANCE OF THE TRANSITION OF DISTANCE EDUCATION  
SYSTEMS OF UNIVERSITIES TO CLOUD PLATFORMS

*Viunenko O.B.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-080> 47

METHOD AND ALGORITHM FOR FORMATION AND FILLING  
OF THE FUNCTIONING TABLE OF A MULTY-BIT  
MULTY-OPERAND ADDER

*Paulin O.N., Nikitchenko M.I.*

**Mechanical drawing. Engineering graphics**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-019> 54

USING NEURAL NETWORKS IN THE PROCESS OF  
IMAGE COMPRESSION

*Breus B.V., Mohylnyi O.A.*

**Building construction**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-042> 58

PROTECTION OF CULTURAL HERITAGE. TERNOPIL CASTLE

*Diachok O.M., Kolodrubska O.I., Volska S. O., Kuziv.M.P.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-068> 68

IMPROVEMENT OF THE PROPERTIES OF HEAT-INSULATING  
PRODUCTS BASED ON LIQUID GLASS BY MODIFICATION  
UNDER THE INFLUENCE OF MICROWAVE RADIATION.

*Rymar T.*

**Industrial safety. Industrial accident prevention**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-025> 77

QUALITY FORMATION OF THE SURFACE WATERS WITHIN LUTSK

*Myskovets I.Ya , Molchak Ya.O.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-049> 84

THE DANGER OF ASBESTOS AFTER THE BAN OF ITS USE

*Peretiaka S.M.*

**Innovations in medicine, pharmaceuticals, chemistry,  
veterinary medicine**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-013> 90

NEPHROGENIC ARTERIAL HYPERTENSION IN PATIENTS  
WITH CHRONIC KIDNEY DISEASE I-II DEGREE WITH CHRONIC  
PYELONEPHRITIS

*Chernylovskiy A., Vysotska D., Mykhailova D., Turenko O.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-015> 95

INFLUENCE OF ADDITIVES OF MINERAL ORIGIN ON  
LIVESTOCK PRODUCTS

*Yaremchuk O.S., Farionik T.V.*



<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-033> 113

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR DETERMINING THE QUALITATIVE COMPOSITION OF PHENOLIC COMPOUNDS IN CREEPING THYME GRASS BY THE METHOD OF HIGHLY EFFECTIVE LIQUID CHROMATOGRAPHY AFTER PRELIMINARY HYDROLYSIS

*Zarivna N.O., Horlachuk N.V.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-051> 118

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF ORTHOPEDIC REHABILITATION PRODUCTS USING COMPUTER SIMULATION

*Solomin A.V., Getun G.V., Ahmed Mohamed Sabri Khairy Ibrahim*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-064> 123

EFFECT OF ADEMETHIONINE ON THE PROTEOLITIC AND FIBRINOLYTIC ACTIVITY IN KIDNEYS OF RATS WITH RABDOMYOLITIC ACUTE KIDNEY INJURY

*Drachuk V., Zamorskii I., Shchudrova T., Kopchuk T., Goroshko O., Dikal M.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-075> 129

REASONING OF QUALITATIVE COMPOSITION OF MODERN WOUND-HEALING AGENTS BASED ON DECAMETOXIN AND METHYLURACIL FOR THE NEEDS OF THE MEDICAL SERVICE OF THE ARMED FORCES OF THE UKRAINE

*Solomennyi A.M.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-083> 138

ASSESSMENT OF ANTIBIOTIC RESISTANCE PROBLEM IN MODERN CONDITIONS

*Shved O.V., Chervetsova V.H., Hubrii Z.V.*

### Innovations in agriculture, biology

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-072> 145

AGE VARIABILITY OF ETHOLOGICAL PARAMETERS OF CATTLE

*Pikula O.A.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-076> 160

THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON THE PRODUCTIVITY OF TECHNICAL VARIETIES OF GRAPES IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT-BANK FOREST STEPPE

*Padalko T.O.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit25-02-123> 166

INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY OF PHOTOSYNTHESIS, YIELD AND QUALITY INDICATORS OF SPRING WHEAT GRAIN

*Kudriawytzka A.N., Karabach K.S.*



*International periodic scientific journal*

# MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und  
innovative Technologien

Indexed in  
INDEXCOPERNICUS  
high impact factor (ICV: 87.25)

*Issue №25  
Part 2  
February 2023*

Development of the original layout - Sergeieva&Co

Signed: February 28, 2023

Sergeieva&Co  
Lußstr. 13  
76227 Karlsruhe  
e-mail: [editor@modern techno.de](mailto:editor@modern techno.de)  
site: [www.modern techno.de](http://www.modern techno.de)

*Articles published in the author's edition*





**[www.moderntechno.de](http://www.moderntechno.de)**

e-mail: [editor@moderntechno.de](mailto:editor@moderntechno.de)