

**International Science Group**

**ISG-KONF.COM**

**XXI**

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC  
AND PRACTICAL CONFERENCE  
«THE MODERN WORLD AND SCIENTIFIC RESEARCH:  
CHALLENGES, FORECASTS, SOLUTIONS»**

**Hamburg, Germany**

**May 26-29, 2026**

**ISBN 979-8-90383-422-8**

**DOI 10.46299/ISG.2026.1.21**

# **THE MODERN WORLD AND SCIENTIFIC RESEARCH: CHALLENGES, FORECASTS, SOLUTIONS**

Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference

Hamburg, Germany  
May 26-29, 2026

**UDC 01.1**

The 21th International scientific and practical conference “The modern world and scientific research: challenges, forecasts, solutions” (May 26-29, 2026) Hamburg, Germany. International Science Group. 2026. 282 p.

**ISBN – 979-8-90383-422-8**

**DOI – 10.46299/ISG.2026.1.21**

EDITORIAL BOARD

<u>Pluzhnik Elena</u>	Professor of the Department of Criminal Law and Criminology Odessa State University of Internal Affairs Candidate of Law, Associate Professor
<u>Liudmyla Polyvana</u>	Department of accounting, Audit and Taxation, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
<u>Mushenyk Iryna</u>	Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Mathematical Disciplines, Informatics and Modeling. Podolsk State Agrarian Technical University
<u>Prudka Liudmyla</u>	Odessa State University of Internal Affairs, Associate Professor of Criminology and Psychology Department
<u>Marchenko Dmytro</u>	PhD, Associate Professor, Lecturer, Deputy Dean on Academic Affairs Faculty of Engineering and Energy
<u>Harchenko Roman</u>	Candidate of Technical Sciences, specialty 05.22.20 - operation and repair of vehicles.
<u>Belei Svitlana</u>	Ph.D., Associate Professor, Department of Economics and Security of Enterprise
<u>Lidiya Parashchuk</u>	PhD in specialty 05.17.11 "Technology of refractory non-metallic materials"
<u>Levon Mariia</u>	Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Scientific direction - morphology of the human digestive system
<u>Hubal Halyna Mykolaiivna</u>	Ph.D. in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

TABLE OF CONTENTS

AGRONOMY		
1.	Гойсюк С.О., Бица Р.О., Гойсюк Ю.В. ОСНОВНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИХ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ	11
ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING		
2.	Кузько В. ПЕРЕВАГИ AUTODESK REVIT, ЯК ПРОГРАМИ В BIM ТЕХНОЛОГІЯХ	15
ART		
3.	Золоташко К., Куратова М. СУЧАСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ ЛІНОГРАВЮРИ В МИСТЕЦТВІ ТА ДИЗАЙНІ	18
AUTOMATION AND COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES		
4.	Смітюх Я.В., Ямковий О.О. АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	23
CHEMISTRY		
5.	Ayralova T., Mədiyeva N. SYNTHESIS OF MULTIFUNCTIONAL ADDITIVES FOR DIESEL FUEL BASED ON GLYCERIN	27
6.	Koshchii I., Klimko Y. ADAMANTYLGLYCINE AS A SYNTHON FOR NITROGENOUS HETEROCYCLES. SYNTHESIS OF 5-(ADAMANTAN-1-YL)-3- METHYL-4,5-DIHYDRO-1,2,4-TRIAZIN-6(1H)-ONE AND 4- (ADAMANTAN-1-YL)-2-METHYL-1H-IMIDAZOL-5(4H)-ONE	36
COMPUTER SCIENCE		
7.	Tkachuk O. CNN-BASED SPEECH SPECTROGRAM INPAINTING FOR SIGNAL LOSS RECONSTRUCTION	39

8.	Пташинський М.О., Марікуца У.Б. АДАПТИВНА МУЛЬТИМОДАЛЬНА ІНТЕГРАЦІЯ ДАНИХ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ КОГНІТИВНОГО ЗНИЖЕННЯ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ ЛЕГКИМИ КОГНІТИВНИМИ ПОРУШЕННЯМИ	46
CYBERSECURITY AND INFORMATION PROTECTION		
9.	Єрбоменко В.О. ПРИНЦИПИ РОБОТИ SQL INJECTION АТАК ТА ПРОТИДІЯ ЇМ	52
10.	Доля Е.К. ЯК РОЗПІЗНАТИ КІБЕРЗАГРОЗИ ТА ЗАХИСТИТИ СЕБЕ ВІД НИХ	56
11.	Коваленко Н.О. ЗАХИСТ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ У ХМАРНИХ СЕРВІСАХ	58
12.	Колодяжний А.Ю. ФІШИНГ ЯК ЗАГРОЗА ІНФОРМАЦІЙНІЙ БЕЗПЕЦІ: МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ТА ЗАХИСТУ	64
13.	Мельник М.Є. UEFI-РУТКІТИ: ПРИХОВАНІ ЗАГРОЗИ НА РІВНІ ПРОШИВКИ ТА МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ І ПРОТИДІЇ	67
DENTISTRY		
14.	Сулим Ю.В., Петришин О.А., Бучковська А.Ю. ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ГІДРОГЕЛІВ У ПАРОДОНТОЛОГІЇ	72
ECOLOGY		
15.	Дичко А.О., Жоглик О.М. ІННОВАЦІЙНІ ВЕКТОРИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ	78
ECONOMICS		
16.	Samoshkina I. FINANCIAL SUPPORT OF SOCIAL PROTECTION OF THE POPULATION AS AN IMPORTANT COMPONENT OF THE SOCIO-ECONOMIC POLICY OF THE STATE	81

17.	Войцеховський М.Я. ТІНЬОВА ЕКОНОМІКА В КОНТЕКСТІ ІНСТИТУЦІЙНОГО РОЗВИТКУ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТА УРОКИ ДЛЯ УКРАЇНИ	85
18.	Вісягін О.О. КЛЮЧОВІ ПЕРЕДУМОВИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СЕКТОРІВ ФІНАНСОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ	90
19.	Терещенко А.О. УПРАВЛІННЯ ЦІНОВИМИ РИЗИКАМИ НА РИНКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ	95
20.	Яворська А.Ф. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ МОРСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ	99
EDUCATION		
21.	Aliyev A., Lysenkova T. AI AS YOUR PERSONAL ASSISTANT: LEARNING LANGUAGES SMARTER, NOT HARDER	101
22.	Wu Yuuyue CRITERIA FOR ASSESSING ARTISTIC-EXPRESSIVE THINKING IN PIANO TRAINING	104
23.	Боровський Б.М., Веснін В.В., Фадєєв О.Г. ПОКАЗНИКИ ВІДНОВЛЕННЯ ПАЦІЄНТІВ З ТРАВМАТИЧНИМ КОМПРЕСІЙНИМ ПЕРЕЛОМ ХРЕБТА	109
24.	Гордієнко А.Л. ВИХОВАННЯ УКРАЇНСЬКОЇ МЕНТАЛЬНОСТІ ЯК ЗАВДАННЯ ПОЧАТКОВОЇ МИСТЕЦЬКОЇ ОСВІТИ	112
ELECTRICAL ENGINEERING		
25.	Літковець С.П., Літковець О.В. МОДЕЛЮВАННЯ СТАТИЧНОГО КОМПЕНСАТОРА РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ З ПРИМУСОВОЮ КОМУТАЦІЄЮ ДЛЯ ОЦІНКИ ЙОГО ШВИДКОДІЇ	115

ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGIES		
26.	Hnatiak I., Zinko Y., Hnatiak O., Shevchuk O. SUSTAINABLE WATER RESOURCES MANAGEMENT IN LVIV: HISTORICAL CONTEXT AND PUBLIC ENGAGEMENT	119
FOOD TECHNOLOGIES		
27.	Клягін Ю.В., Неміріч О.В., Запорожець Ю.В., Польовик В.В. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ КОЛЬОРОВОЇ ПАЛІТРИ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ НЕТРАДИЦІЙНИХ ЗЕРНОВИХ ТА БОБОВИХ КУЛЬТУР	124
GEOGRAPHY AND REGIONAL STUDIES		
28.	Korol R., Taranova N. REGIONAL CLIMATE CHANGE SCENARIOS AND THEIR FORECASTING UNTIL 2050 USING GIS TECHNOLOGIES	128
INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES		
29.	Sikora V., Yurchenko O. WEB APPLICATION FOR VISUALIZING THE ACTION OF METASYMMETRIC AND METAALTERNATING GROUPS ON ROOTED TREES	132
30.	Марків О. ESTIMATING THE SPATIO-TEMPORAL CHARGING DEMAND FLUCTUATIONS OF ELECTRIC VEHICLES IN TRANSIT REGIONS	141
31.	Терещенко Т.П., Терещенко К.В. ПРІОРИТЕЗАЦІЯ СКАНУВАННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ НА ОСНОВІ ГРАФОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ	144
LAW		
32.	Sadyuk A. ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ КОНКУРЕНЦІЇ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ	147
33.	Усатий С.О. ОРГАНІЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ СЛІДЧИХ ТА ОПЕРАТИВНИХ ПІДРОЗДІЛІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПОЛІЦІЇ ПРИ РОЗСЛІДУВАННІ РОЗБОЇВ	151

MANAGEMENT		
34.	Євась Т.В. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВОЮ СТІЙКІСТЮ ПІДПРИЄМСТВА	157
35.	Ахметов І., Сергеев Є. РОЛЬ ЛЮДИНИ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ: ТРАНСФОРМАЦІЯ ВІД "РЕСУРСУ" ДО ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ	160
36.	Кухаренко Л., Петровська О. ЦИФРОВИЙ МЕНЕДЖМЕНТ МОТИВАЦІЇ ПЕРСОНАЛУ У ВИРІШЕННІ ТРУДОВИХ КОНФЛІКТІВ	166
MECHANICAL ENGINEERING		
37.	Shymko B., Zenkin M. ANALYSIS OF THE ADVANTAGES OF USING FRICTION FEEDERS IN PRINTING	169
MEDICINE		
38.	Abdrakhmanova G.K., Aden A., Aktayeva I.B., Gaponova A.V., Nassukayeva A.S. ROLE OF DOPPLER ULTRASOUND IN THE EARLY DIAGNOSIS OF DIABETIC NEPHROPATHY	175
39.	Aigerim S., Berikkyzy I., Kushkarov S.J., Talgatkyzy A., Zhailau D.B. MINIMALLY INVASIVE GLAUCOMA SURGERY (MIGS): A COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFICACY AND SAFETY	183
40.	Akhmetzyanov A.Z., Kuanyshbekov Y.M., Mashrap S.S., Seitkerim B.E., Serikbay A.N. EARLY VERSUS DELAYED ICU ADMISSION AFTER HIGH- RISK ABDOMINAL SURGERIES: IMPACT ON MORTALITY AND COMPLICATIONS	191
41.	Kenzhebek A.O., Makhambetova A.A., Murat K., Sambetova D.Y., Yerimova D.A. RECURRENT OTITIS MEDIA IN CHILDREN: MODERN APPROACHES TO PREVENTION AND PERSONALIZED THERAPY	198

42.	Khlamanova L., Yaremenko L., Grabovyi O. MEDICAL EDUCATION: PROBLEM-ORIENTED LEARNING ACTIVITIES FOR MEDICAL STUDENTS UNDER CONDITIONS OF QUARANTINE AND WAR IN UKRAINE	206
43.	Khulissova D.S., Almasbek A.A., Ismailova A.A., Seilbekova A.B., Yertuganova A.D. CARDIOVASCULAR RISKS IN PATIENTS WITH METABOLIC SYNDROME: OPPORTUNITIES FOR EARLY THERAPEUTIC INTERVENTION	210
44.	Korobko M., Donchenko A. DENTAL HEALTH OF CHILDREN IN A LARGE INDUSTRIAL CITY: PREVALENCE OF ORAL CAVITY PROBLEMS AND SOCIO-BEHAVIORAL DETERMINANTS	218
45.	Moisieieva N., Vlasova O., Piskova A., Mykhailenko V., Moisieieva A. TOXIC IMPACT OF HERBICIDES ON THE TESTICLE EPITHELIUM AND THE SEARCH FOR WAYS TO CORRECT IT	221
46.	Slonetskyi B., Verbitskiy I., Slonetskyi I. ПРИОРИТЕТНІ АСПЕКТИ КЛАСИФІКАЦІЇ ЩОДО ВИДІВ ХІРУРГІЧНИХ ОПЕРАЦІЇ НА ДВАНАДЦЯТИПАЛІЙ КИШЦІ	224
47.	Sukhin Y., Pavlychko Y., Topor V., Bovsunovsky B., Boichenko O. ROBOTIC SURGERY: A REVIEW OF METHODOLOGICAL EFFICACY IN TOTAL KNEE ARTHROPLASTY AS OF 2026	228
OCCUPATIONAL SAFETY		
48.	Саньков П.М., Ткач Н.О., Макаренко Є.Є., Добровольська М.А. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЇ БОРОТЬБИ З ШУМОМ В УМОВАХ ПОБУТУ ТА ВІДПОЧИНКУ	231
PHARMACY		
49.	Bellafkih A., Shyshkin I. DEVELOPMENT OF THE DENTAL RINSE BASED ON OCTENIDINIUM HEXAFLUOROSILICATE	238

PHILOLOGY		
50.	Stoyanova-Georgieva I. FROM THE CUPBOARD UNDER THE STAIRS TO THE FOUR- POSTER BED WITH VELVET CURTAINS: THE TRANSLATION OF BUILDINGS, FURNITURE, AND EVERYDAY OBJECTS IN THE HARRY POTTER SERIES	240
PHYSICAL CULTURE AND SPORTS		
51.	Адеєва О.В., Казанова О.М. ОСОБИСТИЧНО ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД У ФІЗИЧНОМУ ВИХОВАННІ СТУДЕНТІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	250
PSYCHOLOGY		
52.	Ахметова Л., Кулієва К., Клімчук В. ПСИХОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ ФОРМУВАННЯ ПОЛІТИЧНОЇ ДОВІРИ МОЛОДІ В УМОВАХ ЦИФРОВОГО СУСПІЛЬСТВА	255
53.	Козачок А.С., Спіріна І.Д. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЯВУ АФЕКТИВНИХ СИНДРОМІВ У ДІТЕЙ ІЗ РОЗЛАДАМИ АУТИСТИЧНОГО СПЕКТРА	263
54.	Тертична Н., Войтович Г. АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ "СОЦІАЛЬНА ПСИХОЛОГІЯ ТА КРОСКУЛЬТУРНІ МОДЕЛІ ПОВЕДІНКИ" СТУДЕНТАМ-ПСИХОЛОГАМ	265
PUBLIC MANAGEMENT AND ADMINISTRATION		
55.	Панов А.В., Панова А.О., Мартин А.В. ПРОБЛЕМИ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА В НЬЮ-ЙОРКУ	268
SOCIOLOGY		
56.	Лисаченко В.В. СОЦІАЛЬНА ПРОФІЛАКТИКА ВІКТИМНОЇ ПОВЕДІНКИ УЧНІВ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ ОСВІТИ	272

SOFTWARE ENGINEERING		
57.	Саган Н.З., Антонюк Я.М., Коростіль П.І., Воробець Н.Я., Дяченко Я.Б. АВТОМАТИЗОВАНЕ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОНОМНИХ ШІ-АГЕНТІВ	274
TRANSPORT		
58.	Ковальова О.В., Чехунов Д.М., Лазор Л.О. НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ЗАСАДИ ІНТЕГРАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ ДО ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ	278

## **ОСНОВНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ДИФЕРЕНЦІЙОВАНИХ ПОСІВІВ КУКУРУДЗИ**

**Гойсюк С.О.**

кандидат с.-г. наук,  
доцент кафедри агробіотехнологій  
Західноукраїнський національний університет

**Бица Р.О.**

кандидат технічних наук,  
доцент кафедри агробіотехнологій  
Західноукраїнський національний університет

**Гойсюк Ю.В.**

кандидат с.-г. наук,  
доцент кафедри агробіотехнологій  
Західноукраїнський національний університет

Одним з найактуальніших питань рослинництва, яке і досі всесторонньо вивчається, залишаються норми висіву насіння. Основною причиною є погоднокліматичні умови і створення нових гібридів, в яких генетично закладається пластичність реалізації потенціалу продуктивності до змінних погодних умов. Однак, варто зауважити і те, що розробки в галузі сільськогосподарської техніки та створення цифрових платформ для сільського господарства дають нові можливості щодо удосконалення підходів до норм висіву насіння. Одним з таких – є диференційовані (змінні) норми висіву насіння, які реалізуються через можливість окремого висівного апарату сівалки синхронно висівати різну кількість насіння. Така можливість може змінити докорінно підходи до норм висіву насіння. А саме, значна кількість полів в Україні має хвилясто-горбистий рельєф і цим зумовлюється відмінність у родючості окремих частин поля. Крім цього, на одному і тому ж полі може бути декілька ґрунтових відмін, які також будуть відрізнятися за родючістю. І все це разом буде створювати різні умови для росту і розвитку сільськогосподарських рослин, а отже і сівба насіння фіксованою нормою висіву буде далеко не оптимальним рішенням.

За таких реалій, змінні норми висіву для окремих частин поля є наступним кроком в реалізації потенціалу продуктивності сучасних сортів та гібридів сільськогосподарських культур. Тобто, за рахунок диференційованої сівби, ми маємо можливість адаптуватися до родючості поля і в частинах з гіршою родючістю поля висіяти нижчу норму висіву насіння, а в частинах з кращою родючістю висіяти вищу норму висіву насіння [1]. Такий підхід до сівби, може забезпечити підвищення урожайності поля, в цілому, за рахунок підвищення

рівня урожайності з кращих ділянок і не пониження урожайності з гірших ділянок поля (за рахунок компенсаторної здатності гібридів). Крім цього, перераховані можливості дадуть змогу правильно розподілити посівний матеріал на полі і це забезпечить більш оптимальні умови для росту і розвитку рослин. Також, відповідно, до розміру зон родючості на полі, такий підхід може призвести до економії посівного матеріалу [2] та перерозподілити ризики пов'язані із погодними умовами.

Разом із цим, варто відзначити і гострі питання, які вимагають глибокого розуміння використання диференційованих норм висіву насіння. Насамперед, потрібно якісно виділити і зафіксувати на полі зони родючості [3]. Ми рекомендуємо використовувати карти урожайності та супутникові знімки за декілька років (мінімум дворічні дані) із погодними умовами близькими до середньобагаторічних показників. Використання ж неправильних джерел (супутникові знімки за період низького показника NDVI, супутникові знімки із сумісним розміщенням на полі декількох гібридів чи сільськогосподарських культур, виокремлені показники агрохімічного обстеження ґрунту, які не відображають всіх лімітуючих факторів) для створення зон продуктивності може на самому початку знівелювати очікуваний ефект. Крім цього, використання вихідних даних для аналізу зон продуктивності поля, одержаних за нетипових погодних умов, у посушливі роки або роки з надмірною кількістю опадів, що випали на поле, також може негативно вплинути на виділення зон продуктивності та визначення перепаду густот у виокремлених ділянках [4]. З іншої сторони варто відзначити і те, що окремі поля можуть бути досить строкатими за родючістю. Це, в переважній кількості випадків, пов'язане з елементами рельєфу, ґрунтовими відмінами поля або їх поєднанням на одному полі. На таких полях можна виокремити значну кількість дрібних зон продуктивності, які сформовані особливостями поля [5]. Проте, за результатами попередніх досліджень, нами встановлено, що це ускладнює процес аналізу ефективності застосування диференційованого посіву і найбільш оптимальним, з точки зору процесу аналізу ефективності, є поділ поля на 3 – 4 зони продуктивності. Також для аналізу ефективності застосування змінних норм висіву насіння необхідно додавати контрольні зони із фіксованими нормами висіву. Такі ділянки мають рівномірно охоплювати всі зони продуктивності та закладатися впоперек напрямку сівби, щоб забезпечити релевантність даних урожайності. Крім цього, таке розміщення контрольних зон дасть можливість запобігти впливу технологічних колій на урожайність. За площею, контрольна зона, повинна відповідати одному проходу сівалки, а кількість таких ділянок має займати до 30 % площі поля із диференційованим посівом. За таких умов буде можливість визначити ефективність та достовірність застосування змінних норм порівняно із фіксованою (рекомендованою) нормою висіву насіння.

Також варто звернути увагу на те, що існують і певні технічні застереження зі сторони сівалок, щодо перепаду норм висіву, а саме: зміна норми висіву насіння не повинна бути меншою 2 тис. насінин/га. Результатами наших досліджень, які були проведені на виробничих полях південної частини

Західного Лісостепу України (Хмельницька та Тернопільська обл.) встановлено, що із кроком зміни норми висіву насіння між зонами продуктивності у 3 тис. насінин/га., приріст середньої урожайності диференційованого посіву в порівнянні із контролем (фіксована норма висіву) складав 0,41 - 0,46 т/га. Щодо норм висіву, то вони складали відповідно до зон продуктивності 69, 72, 75, 78 тис. насінин/га. На контрольних ж ділянках кукурудзу висівали фіксованою нормою, яка становила 75 тис. насінин/га. Відповідно до досліджуваних полів, середня норма висіву на диференційованих посівах коливалася в межах від 70135 насінин/га до 72058 насінин/га або це було від 2942 до 4865 насінин/га менше порівняно із контролем (рекомендована норма висіву насіння для регіону). Економія насіння була на рівні 3,9 – 6,5 %.

Наступний важливий момент є вибір гібриду, який буде висіватися. І тут необхідно розуміти наскільки пластичним є гібрид, і чи може він компенсувати або утримувати структурні показники продуктивності за змінних умов. Гібриди, які формують сталу кількість зернівок на одному качані при зміні умов вирощування, більш придатні для фіксованих норм висіву насіння. У випадку з диференційованою сівбою, важливою складовою є здатність гібриду формувати більшу кількість повноцінних зернівок на одному качані за зменшення густоти посіву або утримувати їх підвищену кількість при збільшенні рослин кукурудзи на одиниці площі. Наші дослідження були проведені із гібридом ДКС 3972, який забезпечував у досліджуваному регіоні урожайність на рівні 10,3 – 12,8 т/га і формував вищу урожайність на диференційованих посівах порівняно з рекомендованою (фіксованою) нормою висіву цього гібриду в регіоні.

Таким чином, для одержання економічного ефекту від диференційованого посіву потрібно мати значний обсяг вихідних даних у вигляді карт урожайності, ґрунтового покриву поля, показників агрохімічного аналізу ґрунту, погоднокліматичних умов та детальну інформацію про формування урожайності гібридом кукурудзи. Все це дасть можливість одержати підвищену урожайність та економію насіння.

### Список літератури

1. Всеволод Генін. Чи можна збільшити врожайність при диференційованій сівбі? Експеримент з кукурудзою. *Агроном*, 2025. №1. С. 102 – 107.
2. Герберт Ліссо. Диференційована сівба: працюємо з картами. *Агроном*. 2020. <https://www.agronom.com.ua/dyferentsijovana-sivba-pratsuyemo-z-kartamy/>
3. Гуранський М.В., Каленська С.М. Ефективність змінних норм висіву кукурудзи за вирощування в Лівобережному Лісостепу України. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки в умовах війни: теорія і практика*. Матеріали V міжнародної науково-практичної онлайн конференції (м. Київ, 25-27 жовтня 2023 р.
4. Ігор Павлюк Диференційований висів насіння. *Агрономія сьогодні*. 2021 <https://agronomy.com.ua/statti/486-dyferentsiiovanyi-vysiv-nasinnia.html>

AGRONOMY  
THE MODERN WORLD AND SCIENTIFIC RESEARCH: CHALLENGES, FORECASTS,  
SOLUTIONS

5. Variable-rate seeding system for precision agriculture. In Precision Agriculture for Sustainability; Stafford, J., Ed.; Burleigh Dodds Science Publishing Limited, Silsoe Solutions: Cambridge, 2019. UK. 28-297.  
<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781351114592-16/variable-rate-seeding-systems-precision-agriculture-john-fulton-ohio-state-university-usa>

## **ПЕРЕВАГИ AUTODESK REVIT, ЯК ПРОГРАМИ В BIM ТЕХНОЛОГІЯХ**

**Кузько Владислава**

студентка

Харківський національний університет міського господарства  
ім. О. М. Бекетова, Харків

Науковий керівник

Вишневський Денис Сергійович

PhD, старший викладач кафедри міського будівництва

та територіального планування

Харківський національний університет міського господарства  
ім. О. М. Бекетова, Харків

У нинішніх тенденціях розвитку будівництва лєвова частка проектування виконується з метою оптимізації процесів планування, проектування та зведення об'єктів. Використання традиційного 2D- креслення в проектування втрачає актуальність, оскільки не дозволяє передати суть будівництва комплексно, зважаючи на всі індивідуальні аспекти як окремих елементів, так і для будівлі в цілому. Тобто об'єкт може бути створений, не орієнтуючись на можливі варіанти реальних умов та існуючих елементів. Окрім цього існує суттєва проблема неструктурованої координації у командній роботі при виконанні проекту. Натомість використання BIM-технологій та інноваційних програмних комплексів на кшталт Autodesk Revit усуває недоліки, з якими не може впоратись звичайне CAD-проектування.

Building Information Modelling (BIM) – це використання спільного цифрового представлення об'єкта будівництва для сприяння процесам проектування, спорудження та експлуатації, що формує надійну основу для прийняття управлінських та технічних рішень протягом усього його життєвого циклу [1]. За своєю суттю BIM полягає в оптимізації процесу виконання проектування, що дає можливість скоротити час планування до 20% та зменшує витрати на матеріали близько до 15% [2]. Ця технологія не обмежується лише створенням 3D-моделі, вона дозволяє відтворити структуру, специфікацію матеріалів та кінцевий результат об'єкта як комплекс взаємодії елементів. BIM-технологію варто розглядати як багатогранну базу даних проекту, що мінімізує кількість помилок і ризиків та підвищує точність в будівництві.

Галузевим стандартом BIM технологій тривалий час вважається програмний комплекс Autodesk Revit. Він є провідним інструментом у цій сфері завдяки можливості об'єднання фізичних та аналітичних даних про проект в одному середовищі, що зберігає всі нюанси елементів. На відміну від традиційного 2D-підходу, у Revit проект створюється на основі віртуальних аналогів реальних

будівельних конструкцій із великою кількістю інформації про їхні фізико-механічні властивості.

Важливою функцією програми є велика бібліотека компонентів, яка суттєво спрощує роботу з моделлю. Користувач може редагувати параметри із запропонованими даними, створюючи власні унікальні конструкції та аналізувати їхню спільну роботу.

Revit безпосередньо вирішує одну з головних проблем 2D – проектування — розбіжність між фактичними даними та отриманими у специфікації. При будь-якій зміні даних які відбуваються на планах, фасадах або у 3D-моделі, автоматично оновлюють усю пов'язану інформацію про об'єкт. Це забезпечує актуальні та достовірні результати для кожного елемента, гарантуючи більш точний та ефективний кінцевий результат.

Програма забезпечує спільну роботу кількох фахівців над одним проектом, зокрема в режимі реального часу. Завдяки використанню хмарних платформ або локального спільного сервера архітектори, конструктори та інженери, взаємодіють між собою незалежно від свого місцезнаходження [3]. Такий підхід істотно скорочує час проектування та дозволяє спільно ухвалювати найбільш надійні, безпечні та естетичні рішення.

Це гармонійно доповнює вбудована функція колізії, перевірки перетинів або не співпадінь елементів. Вона дозволяє виявити та усунути розбіжності між конструктивними та архітектурними рішеннями у моделі, ще до процесу зведення будівлі чи споруди. Це зводить до мінімуму ризику дороговартісних переробок на будівельному майданчику.

Revit підтримує інтеграцію з іншими програмними комплексами виробництва Autodesk (Robot, Navisworks, ReCap, AutoCAD та 3ds Max) та інших виробників (ЛІРА-САПР, САПФІР чи SCAD). Проект із коректно заданими геометричними даними, можна експортувати в розрахункові комплекси, наприклад, ЛІРА-САПР, що зменшує час на повторне створення розрахункової моделі. Програма також інтегрується з програмами кошторисного розрахунку, для відстеження фінансових аспектів на кожному етапі будівництва.

Комплексне використання цих можливостей веде до отримання економічної вигоди. Автоматизація та спільна робота команди в реальному часі суттєво скорочують терміни проектування. Знижується ймовірність отримати помилки, що дозволяє уникнути непередбачуваних витрат на етапі розробки проекту. Робота з прототипами існуючих елементів мінімізує витрати на виготовлення нетипових дороговартісних конструкцій. У сукупності ці чинники забезпечують високоточний розрахунок, роблячи проект максимально оптимальним та рентабельним.

Отже, Autodesk Revit є провідною програмою для реалізації BIM – технологій у сучасному будівництві, яка дозволяє вирішити низку фундаментальних недоліків класичного 2D – підходу. Використання цього програмного комплексу оптимізує час виконання проекту, підвищує точність розрахунків і робочої документації та значно зменшує фінансові ризики під час будівництва.

### Список літератури

1. ДСТУ ISO 19650-1:2020. Організація та оцифрування інформації щодо будівель та споруд включно з будівельним інформаційним моделюванням (BIM). Управління інформацією з використанням будівельного інформаційного моделювання. Частина 1. Концепції та принципи (ISO 19650-1:2018, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 25 с.
2. Maximizing project efficiency and collaboration in construction management through Building Information Modeling (BIM). *Semantic Scholar*. 2023. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/eec3/89833e7e60d1e78b025b2923e5f7fcc1634f.pdf> (Дата звернення: 17.03.2026).
3. Autodesk Revit: BIM software to design and make anything. Офіційний сайт Autodesk. URL: <https://www.autodesk.com/products/revit/overview> (Дата звернення: 17.03.2026).

## **СУЧАСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНІКИ ЛІНОГРАВІУРИ В МИСТЕЦТВІ ТА ДИЗАЙНІ**

**Золоташко Катерина**

Магістр кафедри дизайну і технологій  
Харківський національний педагогічний університет

**Куратова Марія**

Доцент кафедри дизайну  
Харківський національний педагогічний університет

Ліногравюра це унікальна техніка друку, що бере свій початок на рубежі ХІХ – ХХ ст., з появою лінолеуму та має витоки з інших технік: ксилографія – дерево, офорт – метал, літографія – камінь та інші. Сьогодні її використовують для створення авторських робіт, що дозволяє експериментувати з формами, текстурами та з цифровими носіями. [7, с.106]

Після появи лінолеуму митці використовували дану техніку з метою створення ілюстрацій для газет, книг та плакатів. Ліногравюру полюбили через можливість створення тиражних творів, що дало змогу поширювати мистецтво серед всіх верств суспільства. [6]

Техніка ліногравюри збереглась до наших днів та продовжує поширюватись через свою універсальність та приємність у виконанні робіт. Вона привертає свою увагу візуальною ідентичністю, бо її відбитки одразу впізнаються характерним контрастом і формою ліній. Сам процес виконання роботи є для багатьох захоплюючим, що дозволяє поєднувати як художнє бачення так і ручне ремесло.

Сьогодні ліногравюра переживає відродження, бо завдяки поєднанню сучасних технологій та традиційних основ друку можна експериментувати із великим масштабом принтів, виконувати багатошарові та багатокольорні роботи, поєднувати цифрові та ручні техніки. Сучасні матеріали, якісні чорнила та папір дають можливість створювати чіткі, глибинні та довговічні роботи. [4]

Із розвитком технологій модернізуються процеси друкування і техніка ліногравюри не стає виключенням. Даний вид естампної графіки став однією з причин винайдення 3D – друку. Сучасні художники та дослідники вивчали та опановували цифрові ресурси та інструменти для трансформації естампної графіки, що дозволило виготовляти цифрові розробки у вигляді фізичних друкарських форм з великою деталізацією. Хоча традиційні техніки зберігають свою культурну та художню цінність, але для виконання складних, дрібних композицій із ідентичною повторювальністю та економією часу доречно у виробничому процесі використовувати можливості сучасних технологій. Таким чином, 3D – друк не замінює повністю традиційні методи, а лише покращує виробництво завдяки основі закладеної від історичних та технічних знань сформованих та розпочатих, ще до розвитку цифрових технологій. [1, с. 35]

Сучасні можливості не залежно від того використовуємо ми ручну графіку чи звертаємось до нових технологій дає варіації застосування її на будь – яких продукціях, упаковках, книжках, журналах та інших носіях. Наприклад, сучасний художник Чад Ітон, переконаний у тому, що «ручний малюнок є ручним друком» і надихає інших своїм прикладом для використання техніки ліногравюри у дизайні. Він вважає, що завжди знайдуться люди, які будуть підтримувати ручну графіку, тому продає власну продукцію із зображеннями створеними технікою ліногравюри: футболки, склянки, підставки, картини на тканинах тощо. [7, с. 107]

Вагомим доказом актуальності використання ліногравюри в сучасності є ілюстрації Франсуа Бертю, який протягом своєї кар'єри працював арт – директором та ілюстратором у різноманітних журналах. Його роботи відрізняються своїми яскравими силуетами та конструктивними зображеннями, що були одразу помічені критиками і оцінені суспільством. В більшості робіт він створює спокійний та плоский фон, що не відволікає від фігури на передньому плані і вся увага глядача спрямована на неї. Франсуа є затребуваним та популярним художником в своїй галузі, який і зараз працює з технікою ліногравюри. Гарним прикладом його робіт є серія кольорових ілюстрацій у техніці ліногравюри для журналу Vanity, де активно використовуються графічні техніки у комерційному дизайні та fashion-індустрії. [5, с. 34] (рис 1.1)



Рис 1.1. Ілюстрації Франсуа Бертю для журналу Vanity

Джерело: <https://system-magazine.com/issues/issue-6/francois-berthoud-vanity-magazine>

Вражаючими є також роботи відомого ілюстратора, гравера та аніматора з Манчестера Дена Хоудена. Його роботи відрізняються від інших митців кількістю нашарувань, приблизно 30 – 90 шарів. Це надає глибини роботі, які майже володіють фотографічною властивістю. Улюблена тема художника міські пейзажі, архітектура та сцени з повсякденного життя, Хоуден є відданим своєму ремеслу та не дивлячись на стрімкий розвиток нових технік та сучасних програм стверджує, що «завжди є і буде майстром ліногравюри». [3] (рис 1.2)



**Рис 1.2.** Багатошарові ліногравюри Дена Хоудена

Джерело: URL: <https://www.itsnicethat.com/articles/dan-howden-linocut-prints-illustration-240119>

Ліногравюра також використовується для ілюстрації плакатів. Наприклад, на замовлення ліцеєм Coornhert у Нідерландах було розроблено портрет Дірка Фолькертсона видатного художника, гравера та вченого на честь якого, було названо школу. Друк було зроблено різними кольорами повторюючи його автопортрети. (рис 1.3, а).

Продовжуючи тему кольорової ліногравюри можна ще зазначити роботу Дженні Робсон серії робіт на небесну та ботанічну теми. Роботи виконанні в різних градієнтних кольорових гамах, що додає роботам казковості та унікальності. (рис 1.3, б).

Шрифтова частина у виконанні ліногравюри є також популярною серед митців в даній техніці. Прикладом робіт є «Кохання» серії робіт «Алфавіт» Дейва Лефнера, де він розробляє систему з двох блоків, роблячи кожен літеру унікальним шрифтом. (рис 1.3, в). [2]

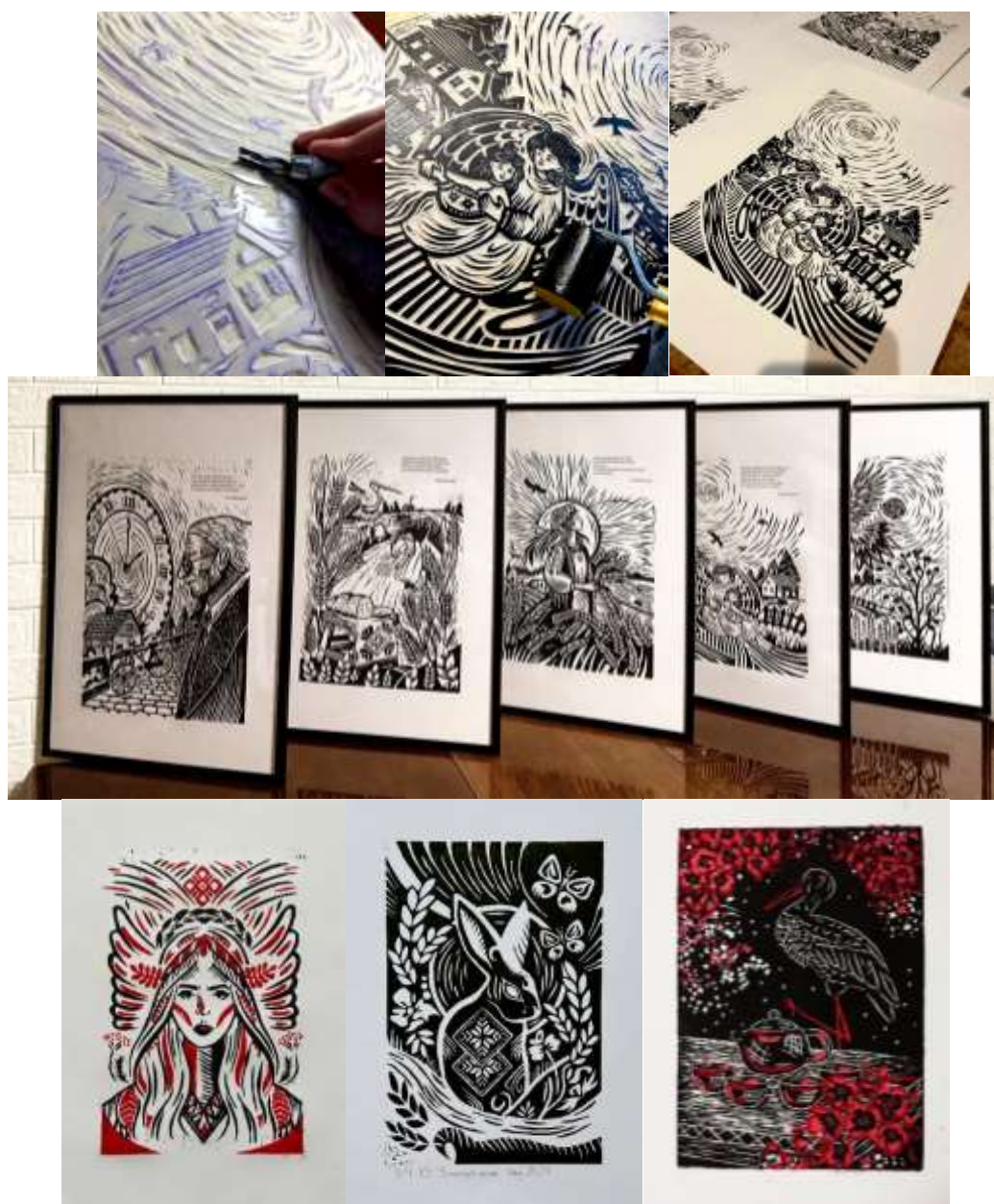


**Рис 1.3.** Приклади сучасної ліногравюри

а – портрет Дірка Фолькертсона; б – серія робіт Дженні Робсон; в – серія робіт «Алфавіт» Дейва Лефнера

Джерело: URL: <https://peopleofprint.com/best-of/pop-member-showcase-21-linocut-artists/>

Ліногравюра вивчається в закладах вищої освіти як окрема дисципліна чи є складовою інших предметів для ознайомлення із різноманітними техніками. Студенти опановують як композиційні аспекти, так і технічні для якісного виконання друку. У процесі навчання студенти створюють окремі твори або серії робіт з авторськими композиціями. Досить часто ця техніка стає основою курсових та дипломних робіт у вигляді розробки графічних листів, ілюстрацій до літературних творів, цікавих рішень пакування і іншої поліграфічної продукції. Ліногравюра в освітньому середовищі виступає ефективним інструментом для майбутніх фахівців, які опановують як ручні техніки, так і цифрові технології поєднуючи їх в своїх проєктах. Такий синтез показує актуальність техніки в сучасних умовах і вміння адаптувати традиційні техніки із сьогоденними технологіями. (рис 1.4)



**Рис 1.4.** Приклади робіт студентів ХНПУ ім. Г.С. Сковороди  
Золоташко К., Ковальової Ю. 2024р.

Отже можна зробити висновки, що ліногравюра сьогодні залишається важливим елементом у розвитку сучасного графічного мистецтва. Митці цінують її за можливість передати яскраву фактуру, сміливі лінії й тонові і кольорові контрасти. Роботи, виконані в ліногравюрі лаконічні, містять явний контраст, чіткий штрих, при необхідності є можливість виконання кольорового друку. Любов до штрихування і передавання форм вигідно відрізняє техніку ліногравюри від фотографії та цифрових методів.

Сьогодні митці та графічні дизайнери застосовують ліногравюру для всього – від мінімалізму до складних багатобарвних абстракцій, ламаючи стереотипи про те, що це мистецтво годиться лише для суворої монохромної графіки.

Використання сучасних полімерів або лінолеуму залишається доступним і популярним засобом для створення інді-видавництва, авторських листівок, ілюстрацій, які мають свою унікальність.

### Список літератури

1. Armutcı B. The role of 3D printing in original printmaking and graphic production. *Journal of graphic engineering and design*. 2026. Т. 17, № 1. С. 33–41. URL: <https://doi.org/10.24867/jged-2026-1-033> (дата звернення: 06.05.2026).

2. POP member showcase | 21 linocut artists. *People of Print*. URL: <https://peopleofprint.com/best-of/pop-member-showcase-21-linocut-artists/> (дата звернення: 06.05.2026).

3. Using 30-90 layers, Dan Howden creates agonisingly detailed linocut illustrations. *It's Nice That*. URL: <https://www.itsnicethat.com/articles/dan-howden-linocut-prints-illustration-24011> (дата звернення: 06.05.2026).

4. What is lino printing? | hickman design. *Hickman Design*. URL: <https://hickmandesign.co.uk/blog/history/what-is-lino-printing/> (дата звернення: 06.05.2026).

5. Yana Stefanova Vasileva. The role of linocut in the design of contemporary fashion illustration. *Eastern academic journal*. 2020. Vol. 4. P. 30–35. (дата звернення: 06.05.2026).

6. Техніка ліногравюри: історія, сучасне використання та значення у графічному мистецтві - *LifeArt Gallery*. *LifeArt Gallery*. URL: <https://life-art.com.ua/tehnika-linogavyury-vid-tradyciyi-do-suchasnosti/> (дата звернення: 06.05.2026).

7. Храмова-Баранова О. Л., Яковець І. О. Художньо естетичне значення техніки ліногравюри в розвитку мистецтва і дизайну в Україні. *Культура і сучасність : альманах*. 2020. № 2. С. 104-108.

## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**Смітюх Ярослав Володимирович**

кандидат технічних наук,  
завідувач кафедри  
автоматизації та комп'ютерних технологій  
систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка  
Національний університет харчових технологій

**Ямковий Олександр Олександрович**

Національний університет харчових технологій

Автоматизація виробничих процесів на основі впровадження інноваційних технологічних комплексів та новітніх виробничих модулів, допоміжного обладнання, транспортно-накопичувальних і контрольно-вимірювальних пристроїв, об'єднаних у гнучкі виробничі системи, що керуються від електронно-обчислювальних машин, є однією зі стратегій прискорення науково-технічного прогресу [2].

Гнучка виробнича система являє собою сукупність роботизованих комплексів та гнучких автоматизованих модулів з системою забезпечення функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, яка характеризується властивістю автоматизованого перенастроювання при застосуванні їх у харчовому виробництві.

Узгоджена робота всіх елементів виробничої системи повинна базуватися на організації зв'язку всіх складників, що дозволить синхронізувати роботу всієї системи в умовах змінної структури і тривалості технологічних процесів.

Автоматизація виробничих процесів харчової промисловості являє собою сукупність заходів із розроблення технологічних процесів, створення та впровадження високопродуктивних, автоматично діючих моделей виробництва, що забезпечують безперервне зростання продуктивності праці та виробництва готової продукції [1,3].

У розвитку автоматизації виробничих процесів, можна виділити три етапи:

- автоматизація робочого циклу, створення напіваавтоматів і машин-автоматів;
- автоматизація системи машин, створення автоматичних ліній;
- комплексна автоматизація виробничих процесів, створення автоматичних цехів та заводів [4].

Сучасне автоматизоване виробництво являє собою складний багатоланковий об'єкт керування, всі елементи якого знаходяться в постійній динамічній взаємодії. Встановлення оптимальних взаємозв'язків між елементами об'єкта керування для досягнення найкращих економічних показників роботи автоматизованого підприємства визначає виконання функцій автоматичних

систем. Використання інноваційних засобів автоматизації виробництва дозволяє вирішувати не тільки завдання керування усім процесом виробництва, але й гнучкого керування технологічними процесами і технологічним комплексом устаткування.

Розвиток автоматизації процесів виробництва пов'язаний зі створенням виробничих систем. Система може бути визначена як сукупність елементів, настільки тісно пов'язаних між собою, що вона виступає відносно інших систем і навколишнього середовища як єдиний механізм. Зв'язок між елементами системи повинен бути міцніший, ніж зв'язок кожного з цих елементів з частинами інших систем.

Виробнича автоматизована система являє собою складну багаторівневу систему, що перетворює вихідні напівфабрикати сировини у кінцевий (готовий) продукт, який відповідає нормативно-технічній документації.

Ефективність використання виробничої системи визначає низка факторів:

- раціональність розробленого технологічного процесу;
- структурно-компонувальна схема модулів та виробничої системи у цілому, їх надійність, точність, вартість;
- можливості розробленої (обраної) системи автоматизованого керування, що забезпечує раціональну експлуатацію автоматизованого обладнання, задану програму випуску та, відповідно, - якість продукції [1,5].

Сукупність функцій в автоматизованих виробничих системах утворюють системні комплекси, у котрих найважливішими є:

- технологічні функції (зміни фізичного стану об'єктів виробництва), носіями яких є технологічні системи;
- функції маніпуляції і транспортні функції (положення та місцезнаходження об'єктів виробництва та оснащення);
- функції керування, координації та синхронізації роботи елементів і систем, та їх взаємодія на базі розподілу й передавання сигналів команд та інтеграція в інформаційні потоки, носіями яких є інформаційна техніка та високотехнологічні автоматизовані засоби керування [3].

Комп'ютерно-інтегроване виробництво містить п'ять рівнів автоматизації процесів виробництва.

На рівні зв'язку з устаткуванням I/O (Input/Output – Вхід/Вихід) забезпечується узгодження зовнішніх елементів з пристроєм керування. На рівні управління Control вбудовані в устаткування пристрої керування за сигналами датчиків стану механізмів виробляють команди керування виконавчими пристроями – приводами, клапанами, світловими і звуковими сигналами.

Одночасно з управлінням інформація про роботу устаткування у реальному часі передається на рівень узагальненого контролю та збору даних SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). На рівні SCADA відбувається сортування, перетворення і зберігання поточних даних, а також їх відображення на мнемосхемі процесу. При цьому існує відображення поведінки усіх одиниць устаткування: поточний стан і показники роботи машин, рух матеріальних потоків, узагальнена інформація. Системи SCADA дозволяють спостерігати

процес у цілому, відстежувати аварійну інформацію, часові тенденції і статистичні характеристики процесу. За необхідності існує передача узагальнених команд керування устаткуванням. Рівень планування ресурсів MRP (Manufacturing Resources Planning) є відомим варіантом автоматизації виробництва. Саме на цьому етапі керівники виробництва аналізують кон'юнктурну стратегію: динаміку ринкових цін на продукцію, що випускається, рівень прибутку за різними видами продукції та прогнозований попит [1,4].

Необхідність функціонування підприємства в ринковому середовищі призвела до появи між рівнями диспетчеризації SCADA і планування ресурсів MRP додаткового рівня виконання завдань MES (Manufacturing Execution System), що пов'язує менеджерів верхнього рівня з поточним виробництвом. Інформація від SCADA перетворюється в інформацію для MRP, де проводиться оновлення бази даних, контролюється послідовність операцій, формується розклад перевірки і ремонту устаткування залежно від тривалості фактичної експлуатації.

Грамотна стратегія автоматизації зводиться не лише до вивільнення людини з існуючого виробництва, але й до створення вискоєфективних технологій з автоматично працюючим устаткуванням, які неможливо застосовувати без автоматизації.

Узагальнені результати роботи зводяться до підвищення ефективності виробництва. Економія зарплати при автоматизації складає 10–15% економічного ефекту, тоді як 60–70% ефекту формується за рахунок підвищення продуктивності виробництва і 15–20% – за рахунок поліпшення якості продукції. Застосування роботизованих технологій з використанням інтегрованого штучного інтелекту у процесах виробництва підвищує швидкість і якість операцій. На відміну від ручного виробництва, слід зазначити, що відмова однієї автоматизованої ланки призводить до зупинки усього технологічного ланцюга [3,4].

Особливого значення набуває системність підходу до комп'ютерної автоматизації виробництва, де спочатку відбувається формування концепції системи в цілому, а впродовж процесу виробництва розбивають систему на елементи і розробляють кожен елемент згідно з концепцією системи. Після розроблення елементів їх об'єднують у реальну автоматизовану систему з інтегрованими комп'ютерними технологіями. Така практика впровадження автоматизованих систем надає високі результати для отримання готового продукту та подальшого впровадження на підприємствах України.

### **Список літератури**

1. Ладанюк А.П., Решетюк В.М., Кишенько В.Д., Смітюх Я.В. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу. – Київ: «Центр учбової літератури». – 2014. 280 с.
2. Хорольський В.П., Кореноць Ю.М., Возняк А.В., Омельченко О.В., [та ін.] за ред. В.П. Хорольського. Інтелектуальні системи управління виробництвом хлібобулочних виробів. – Кривий Ріг. – ФОП Чернявський Д.О. – 2019. – 204 с.

3. Papasidero Davide & Manenti, Flavio & Corbetta Michele & Rossi, Francesco. (2014). Relating Bread Baking Process Operating Conditions to the Product Quality: a Modelling Approach. *Chemical Engineering Transactions*. 39. 1729-1734. 10.3303/CET1439289 <https://owen.ua/ua/news/datchyky-owen-dlja-hlibobulochnoji-promyslovosti>

4. Бондаренко С. Г., Складанний Д. М., Абрамова А. О. Технологічні вимірювання і прилади. Вимірювання рівня та витрат [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ :КПІ ім. Ігоря Сікорського. –2020. – 117 с.

5. Osadchyy V. Nazarova O. and Olieinikov M., "The Research of a Two-Mass System with a PID Controller, Considering the Control Object Identification," 2021 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/MEES52427.2021.9598542.

## **SYNTHESIS OF MULTIFUNCTIONAL ADDITIVES FOR DIESEL FUEL BASED ON GLYCERIN**

**Ayralova Tamara**

associate professor, PhD  
Azerbaijan State Oil and Industry University

**Mədiyeva Nurana**

master student  
Azerbaijan State Oil and Industry University

The work investigated the process of synthesis of multifunctional additives to diesel fuel based on butyl esters of glycerol obtained by alkylation of glycerol with 1-butene in the presence of acidic heterogeneous catalysts  $H_3PW_{12}O_{40}/SiO_2$ , Amberlyst-15, S100 and S200% of the additive leads to a decrease in the cloud point and the maximum filterability temperature by 10–14 °C compared to the initial fuel. The obtained results confirm the prospects of using butyl esters of glycerol, synthesized from available renewable raw materials, as effective multifunctional additives for diesel fuel conversion up to 93% at 100 °C and the predominant formation of mono- and dibutyl glycerol esters. It has been shown that the optimal process conditions are a temperature of 100 °C, a molar ratio of glycerol to 1-butene of 1 : 4, and a catalyst content of 11 wt.% relative to glycerol. The effect of the synthesized esters on the physical, chemical, and low-temperature properties of diesel fuel has been evaluated. It has been established that the addition of 4–6 wt.% of the additive leads to a decrease in the cloud point and the maximum filterability temperature by 10–14 °C compared to the initial fuel. The obtained results confirm the prospects of using butyl esters of glycerol, synthesized from available renewable raw materials, as effective multifunctional additives for diesel fuels.

### **INTRODUCTION**

At the current stage of internal combustion engine development, increasingly stringent requirements are being imposed on diesel fuel, due both to stricter environmental standards and the need to improve the efficiency and reliability of fuel systems. In accordance with the requirements of the EN 590 standard, the sulfur content in diesel fuel must be minimized (less than 10 ppm), which allows for a significant reduction in sulfur oxide emissions. At the same time, the removal of sulfur-containing components leads to a deterioration in the fuel's lubricity and increases the requirements for its stability during operation.

One of the key challenges remains the low-temperature properties of diesel fuel. In winter conditions, the filterability limit can drop to  $-20\dots-30$  °C, depending on the region of operation. At the same time, the presence of significant amounts of normal paraffins in the fuel promotes their crystallization even at relatively low sub-zero temperatures. The resulting crystals tend to grow and aggregate, forming a three-

dimensional structure, which leads to reduced flowability, increased hydraulic resistance in filters, and disruption of fuel supply to the injection system. This is particularly critical in modern diesel engines with high-pressure Common Rail injection systems [4].

In addition to operational requirements, environmental regulations aimed at reducing the toxicity of exhaust gases are becoming stricter. The combustion of diesel fuel produces carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), and particulate matter. Under conditions of incomplete combustion, soot formation can increase significantly and exceed the limits set by Euro 5 and Euro 6 standards. At the same time, the completeness of combustion is determined not only by the chemical composition of the fuel but also by its physicochemical characteristics, including viscosity, spray quality, and the ability to form a homogeneous fuel-air mixture.

In this regard, the development of multifunctional engine oil additives capable of simultaneously improving various performance characteristics has become particularly important. A promising area of research involves compounds based on polyhydric alcohols (polyols), which, due to the presence of multiple hydroxyl groups, possess high polarity and chemical reactivity. This allows for the targeted modification of their structure and the production of derivatives with specific properties.

Among these compounds, particular attention is paid to glycerin esters, which can significantly improve the low-temperature performance of fuel. Their effect is due to the inhibition of paraffin crystal growth and the prevention of agglomeration, which helps maintain the flowability of diesel fuel at low temperatures. Glycerin—an affordable byproduct of biodiesel production—is widely used as a starting material for the synthesis of alkyl glycerol esters. Both alcohols and olefins can be used as alkylating agents. The use of alcohols is technologically simple, but it is accompanied by the formation of water, which shifts the reaction equilibrium and limits the degree of conversion [4–8].

The use of olefins, in particular 1-butene, eliminates water formation during the reaction, which helps increase the yield of target products and improve selectivity. This approach is of significant interest for the development of modern fuel additives and aligns with current trends in the petrochemical industry.

The aim of this study is to investigate the alkylation of glycerol with 1-butene in the presence of heterogeneous acid catalysts to produce glycerol butyl ethers, as well as to evaluate their effectiveness as multifunctional additives for diesel fuel.

### **EXPERIMENTAL METHODOLOGY**

In this study, high-purity glycerin (99.57%) and 1-butene (99.63%) were used as starting materials, along with diesel fuel containing 37 ppm sulfur. The catalytic system included several types of acidic heterogeneous materials: primarily sulfonic acid copolymers of styrene with divinylbenzene (S100 and S200), followed by the heteropolyacid catalyst H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>/SiO<sub>2</sub>, which consists of phosphotungstic acid supported on silicon dioxide, and, in general, acidic ion-exchange resins, including Amberlyst-15, were also used.

All catalysts were pre-activated prior to use. They were sequentially washed with deionized water and a 18% HCl solution until the pH stabilized above 4.5, after which they were dried at 115 °C for 12 hours. The acid capacity was determined by titrimetric method: a catalyst sample (0.05 g) was held in a solution of 17 g NaCl until equilibrium was established, then titrated with a 0.01 M NaOH solution.

The alkylation of glycerol with 1-butene was carried out in a sealed stainless-steel microreactor equipped with a magnetic stirrer and a pressure gauge. The reactor was loaded with 1 mol of glycerol and 8–14 wt% of catalyst, after which the system was purged three times with nitrogen to remove oxygen. Next, 3–6 moles of 1-butene were introduced, and the initial process conditions were set: pressure 20 bar, temperature 100 °C, and stirring speed 1000 rpm. The reaction time was varied from 8 to 72 hours (8, 16, 24, 40, 48, and 72 h). Upon completion of the process, the reactor was cooled to room temperature.

The products obtained were analyzed by gas chromatography on an Agilent 7890A instrument equipped with a mass spectrometer detector. Helium was used as the carrier gas. The temperature program began with a 6-minute hold at 45 °C, followed by a temperature ramp-up to 215 °C at a rate of 22 °C/min, with a subsequent 11-minute hold. The injector and detector temperatures were set to 235 °C. Prior to analysis, the samples were dissolved in methanol to a concentration of 50 mg/mL. Component identification was performed based on mass spectra, and the quantitative composition was determined by normalizing the areas of the chromatographic peaks. Glycerin conversion was calculated using a standard method based on the initial and residual reagent content.

$$\text{Conversion (\%)} = \frac{[\text{modified glycerin} \times 100]}{[\text{total glycerin content}]}$$

Based on the methods described, studies were conducted on the physicochemical and low-temperature characteristics of diesel fuel modified with synthesized glycerol butyl ethers at various mass fractions (0–9%). The base (control) sample consisted of the original diesel fuel without additives.

For all the compositions obtained, key performance indicators were determined, including cloud point, filterability limit temperature, kinematic viscosity, density, and saturated vapor pressure. Measurements were performed in accordance with standard methods, and the results are presented in Table 1.

**Table 1.**

Analytical methods used in this study

Indicator	Methodology	Equipment
Density	GOST P 51069-97/ASTM D 4052	VIR-2MR Vibrating Density Meter
Fractional composition	GOST 2177-99/ASTM D 86	ISL-PMD 110 Fractional Composition Analyzer

Saturated vapor pressure	GOST P EN 13016-1-2013/ ASTM D 6378	MINIVAP VPXpert Saturated Vapor Pressure Tester
Concentration of actual resins	GOST 1567-97/ASTM D 381	TOS-LAB-02 Actual Resin Content Tester
Cloud point	GOST 5066-2018/ASTM D 2500-17a	ATZ-70-PXP Low-Temperature Properties Tester
Kinematic viscosity	GOST 33-2016 ASTM D 445	VPZh-4 Capillary Viscometer

### DISCUSSION OF THE RESULTS

A study of the glycerol butylation reaction revealed that an increase in temperature within the range of 70–100 °C has little effect on the conversion rate. Thus, when using H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>/SiO<sub>2</sub>, Amberlyst-15, and S200 catalysts, an increase in temperature from 80 to 100 °C leads only to a slight increase in conversion after 24 hours of reaction.

The process's low sensitivity to temperature may be due to the limited reactivity of butylene, as well as steric hindrance during its interaction with the hydroxyl groups of glycerol. Overall, despite a slight acceleration of the reaction with increasing temperature, the butylation process proceeds at a moderate rate, and its efficiency is determined more by the nature of the catalyst and the mass transfer conditions than by changes in temperature. As shown in Table 2, the highest degree of glycerol conversion is achieved in the presence of H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>/SiO<sub>2</sub> and Amberlyst-15 catalysts at 100 °C, whereas the S200 and S100 catalysts exhibit significantly lower catalytic activity across the entire temperature range studied.

**Table 2.**

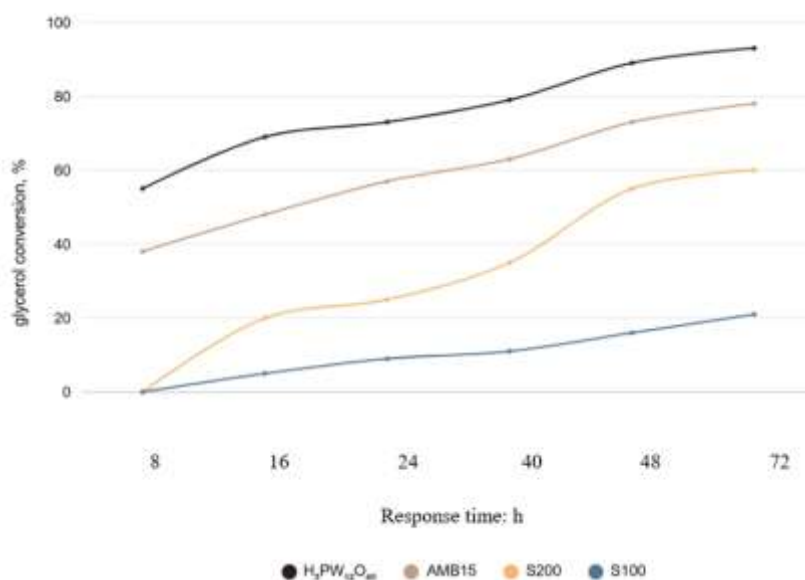
Effect of catalyst type on the degree of glycerol conversion  
(glycerol : olefin = 1:4, 11 wt% catalyst, 24 h)

Temperature (°C)	Conversion Rate (%)			
	H <sub>3</sub> PW <sub>12</sub> O <sub>40</sub> /SiO <sub>2</sub>	Amberlyst-15	S200	S100
70	8	0	0	0
80	13	4	5	2
90	32	22	8	5
100	71	60	18	10

The effect of the amount of H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>/SiO<sub>2</sub>, Amberlyst-15, S100, and S200 catalysts on the alkylation of glycerin with 1-butene was investigated in the range of 7–13 wt% (based on glycerin). It was found that increasing the catalyst loading from 7 to 11 wt% results in an increase in glycerol conversion, whereas a further increase to 12 wt% leads to virtually no change in the result. Thus, the optimal value is 11 wt%, at which sufficient catalytic activity is achieved [1].

When the molar ratio of glycerin to 1-butene was changed from 1:3 to 1:6, only a slight increase in the conversion rate was observed. At the same time, the side reaction of 1-butene dimerization intensified, which reduced the overall efficiency of the process. Consequently, a 1:4 ratio was selected for further studies under constant conditions (11 wt% catalyst, 24 h, 100°C). As the reaction time increases, the glycerol conversion rate rises for all the catalysts studied, indicating the gradual incorporation of the starting material into the alkylation process.

When studying the effect of reaction time (8–72 h) at a fixed catalyst loading of 11 wt%, it was found that the  $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}/\text{SiO}_2$  catalyst exhibits significantly higher activity compared to Amberlyst-15, S100, and S200, achieving complete conversion of glycerin at 100°C within just 24 hours. The main reaction product in this case is trialkylglycerol ether.



**Figure 1:** Time-dependent conversion of glycerol in the presence of various acid-base catalysts during the alkylation of 1-butene [glycerol : 1-butene = 1 : 4, 11 wt% catalyst based on glycerol, at 100°C].

Figure 1 shows the kinetics of glycerol conversion during its alkylation with 1-butene at a molar ratio of 1:4, a temperature of 100 °C, and a catalyst loading of 11 wt%. It was found that  $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}/\text{SiO}_2$  exhibits the highest catalytic activity: conversion reaches 55% after just 8 hours, then increases to 73% after 24 hours, and rises to 93% by 72 hours into the reaction. Significantly lower values were obtained for Amberlyst-15—38% after 8 hours, 57% after 24 hours, and 78% after 72 hours. The S200 catalyst exhibits limited activity: conversion increases from zero to 25% within 24 hours and reaches 60% by the end of the experiment. S100 shows the lowest efficiency, with a conversion rate not exceeding 21% even after 72 hours (9% after 24 hours, with no conversion observed in the early stage). Overall, the following sequence of catalyst activity is observed:  $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}/\text{SiO}_2 > \text{Amberlyst-15} > \text{S200} > \text{S100}$ . The

higher efficiency of the supported heteropolyacid catalyst is due to its pronounced protonic acidity and developed surface area, whereas the decrease in the activity of polymeric sulfonic acid resins is associated with a lower density of acid sites and limited accessibility of active sites.

For catalysts S100 and S200, the reaction proceeds much more slowly and does not result in complete glycerol conversion even after 72 hours; in this case, monoesters predominate in the product distribution. In the presence of Amberlyst-15, equilibrium is reached in approximately 24 hours, and a further increase in reaction time has virtually no effect on the degree of conversion, leading only to a redistribution of the ratio of the products formed [8].

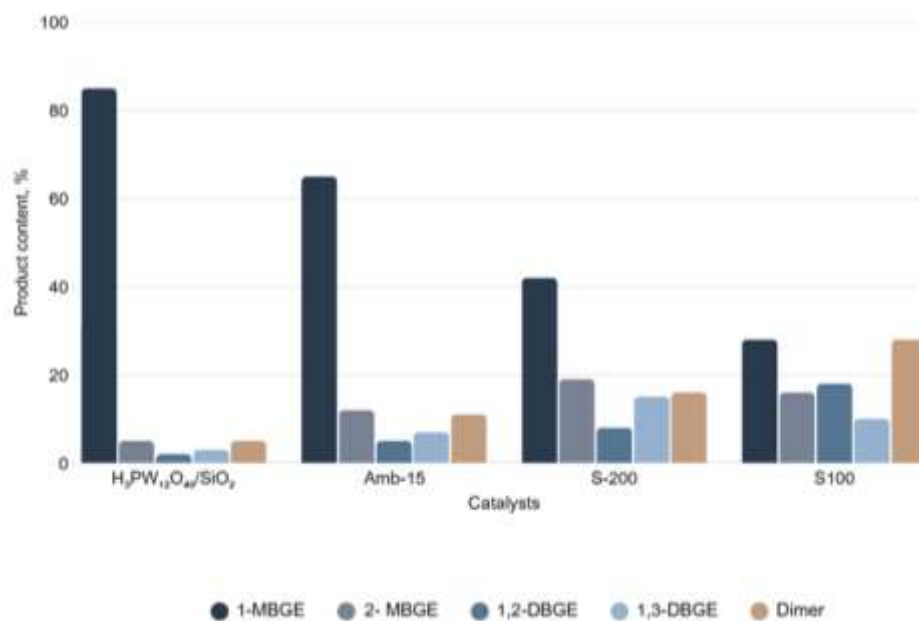
The alkylation of glycerol with 1-butene using the  $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}/\text{SiO}_2$  catalyst yields the best results: the conversion is significantly higher compared to other systems and increases with longer reaction times, whereas S200 yields noticeably lower values, and S100 exhibits minimal catalytic activity. It should be noted that as the reaction time increases, the side reaction of 1-butene dimerization intensifies, leading to a decrease in selectivity for the target products.

The high catalytic activity of  $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}/\text{SiO}_2$  is due to its pronounced protonic acidity, high specific surface area, and excellent thermal stability. Compared to Amberlyst-15, S100, and S200, this catalyst provides more efficient alkene activation, which promotes the sequential formation of mono-, di-, and tri-glycerides [9].

The alkylation of glycerol with 1-butene yields a complex mixture of butyl esters, dominated by mono- and di-tert-butyl derivatives, including 1-mono-tert-butyl glycerol ether, 2-mono-tert-butyl ether, as well as 1,2- and 1,3-di-tert-butyl ethers (Fig. 2). The composition of the products is largely determined by the nature of the catalyst. The highest selectivity for the target product is observed when using  $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}/\text{SiO}_2$ : the content of 1-mono-tert-butyl glycerol ether reaches 85%, while byproducts are formed in minimal quantities (2-MTBEG — 5%, 1,3-DTBEG — 3%, 1,2-DTBEG — 2%, dimers — 5%). In the presence of Amberlyst-15, selectivity decreases to 65%, accompanied by an increase in the proportion of diesters (7% and 5%) and dimers (11%).

A more pronounced decrease in selectivity is observed for the S-200 catalyst: the 1-MTBE content decreases to 42%, while the formation of byproducts increases (1,3-DTBE—15%, dimers—16%). The least favorable product distribution is characteristic of S100, where the yield of the target monoester is only 28%, and the proportion of dimers increases to 28% with a noticeable content of diesters, especially 1,2-DTBEG (18%).

A comparison of the catalysts reveals a decrease in selectivity for the target product in the order  $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}/\text{SiO}_2 > \text{Amberlyst-15} > \text{S-200} > \text{S100}$ , while the contribution of side reactions, including 1-butene dimerization, increases sequentially [3–5]. This is due to differences in the acidity and textural characteristics of the catalysts: the high proton acidity of  $\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}/\text{SiO}_2$  ensures the preferential formation of monoesters. The formation of tert-butyl esters is due to acid-catalyzed isomerization of 1-butene to isobutylene, followed by the formation of a tert-butyl carbocation that reacts with the hydroxyl groups of glycerol.



**Figure 2:** Distribution of products from the glycerol-1-butene esterification reaction in the presence of H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>/SiO<sub>2</sub>, Amberlyst-15, S-200, and S-100 (glycerin : 1-butene ratio = 1 : 4, catalyst content 11 wt% relative to glycerin, temperature 100 °C).

Research findings on catalyst reuse indicate a gradual loss of Amberlyst-15 activity as the number of catalytic cycles increases. This is attributed to a decrease in its acid capacity, as well as the accumulation of coke products on the surface, which leads to the blocking of active sites.

In contrast, the H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>/SiO<sub>2</sub> catalyst exhibits high catalytic efficiency in the alkylation of glycerol with 1-butene [7]. This activity is due to pronounced strong Brønsted acidity, which exceeds the acidic properties of sulfonic acid ion-exchange resins, as well as high proton mobility, which ensures more effective activation of alkenes. Immobilization of the active component on silicon oxide promotes the formation of a highly surface-active structure and uniform distribution of acid sites, which increases their accessibility to reactants. Additionally, this catalyst exhibits high thermal and chemical stability and a lower tendency toward deactivation associated with coke formation, which ultimately ensures deeper glycerol conversion and an increase in the yield of di- and triester products [2].

The experiments conducted showed that adding synthesized butyl glycerol ethers to diesel fuel significantly improves its performance characteristics (Table 3). As the additive concentration increases, the cloud point and the filterability limit temperature decrease. The most significant effect is observed at a concentration of 4–6 wt.%, when the filterability temperature decreases by 10–14 °C compared to the base fuel. With a further increase in the additive content, the improvement in properties becomes less pronounced, indicating the existence of an optimal range for its addition [2;9].

**Table 3.**

The Effect of Glycerol Butyl Ethers on the Properties of Diesel Fuel

Indicator	Concentration of the additive, % by volume					
	0	1,0	2,5	5,0	7,5	11,0
Density at 20 °C, kg/m <sup>3</sup>	745,0	746,5	744,0	750,5	751,0	755,0
Concentration of resins washed with solvent, mg/100 cm <sup>3</sup>	0,3	0,9	1,5	2,9	4,0	5,0
Saturated vapor pressure, kPa	40,0	39,9	39,3	41,0	38,9	41,5
Mass fraction of oxygen, %	0	0,5	0,6	1,25	1,95	2,51

The observed results can be explained by the pronounced polarity of glycerol butyl ethers. Due to the presence of polar functional groups, these compounds are able to adsorb onto the surfaces of nascent paraffin crystals, thereby hindering their further growth and agglomeration. As a result, a more dispersed system is formed with small crystals that are unable to form a three-dimensional crystalline structure. This, in turn, prevents fuel structuring and avoids a deterioration in its flow properties at low temperatures.

### CONCLUSION

This study investigated the alkylation of glycerol with 1-butene in the presence of various heterogeneous acid catalysts to produce functional additives for diesel fuel. It was shown that the type of catalyst used significantly affects the extent of glycerol conversion, the selectivity of target butyl ester formation, and the overall process efficiency.

It has been established that the H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>/SiO<sub>2</sub> system exhibits the highest catalytic activity, ensuring high glycerol conversion and the predominant formation of mono- and dibutyl-substituted products. This effect is associated with the catalyst's pronounced Brønsted acidity, developed surface structure, and good accessibility of active sites to the reactants. The optimal reaction conditions were determined to be a temperature of 100 °C, a glycerol : 1-butene ratio of 1 : 4, and a catalyst content of approximately 11 wt% relative to glycerol.

It has been shown that the resulting glycerol butyl ethers effectively improve the low-temperature properties of diesel fuel. When 4–6 wt% of the additive is added, the cloud point and the filterability limit temperature decrease by 10–14 °C compared to the base fuel. This effect is due to the interaction of the polar molecules of the esters with the surface of paraffin crystals, which limits their growth and prevents the formation of a coarse crystalline structure.

Overall, the results of this study confirm the potential of using glycerol butyl ethers derived from renewable feedstocks as multifunctional additives for diesel fuel. The

proposed approach can be used to develop fuels with improved performance characteristics.

### References

- 1) O. D. Bozkurt, F. M. Tunc, N. Baglar, S. C. Alebi, I. D. Gu'nba, s, and A. Uzun, "Alternative fuel additives from glycerol by etherification with isobutene: Structure-performance relationships in solid catalysts," *Fuel Processing Technology*, vol. 138, pp. 780–804, 2015.
- 2) B. Ikizer, N. Oktar, and T. Dogu, "Etherification of glycerol with C4 and C5 reactive olefins," *Fuel Processing Technology*, vol. 138, pp. 570–577, 2015.
- 3) A. Turan, M. Hrivna'k, K. Klepa'c'ova', A. Kaszonyi, and D. Mravec, "Catalytic etherification of bioglycerol with C4 fraction," *Applied Catalysis A: General*, vol. 468, pp. 313–321, 2013.
- 4) B. P. Pinto, J. T. De Lyra, J. A. C. Nascimento, and C. J. A. Mota, "Ethers of glycerol and ethanol as bioadditives for biodiesel," *Fuel*, vol. 168, pp. 76–80, 2016.
- 5) J. A. Melero, G. Vicente, G. Morales et al., "Acid-catalyzed etherification of bio-glycerol and isobutylene over sulfonic meso-structured silicas," *Applied Catalysis A: General*, vol. 346, no. 1-2,
- 6) V. O. Samoilov, D. N. Ramazanov, A. I. Nekhaev, A. L. Maximov, and L. N. Bagdasarov, "Heterogeneous catalytic conversion of glycerol to oxygenated fuel additives," *Fuel*, vol. 172, pp. 310–319, 2016.
- 7) M. R. Nanda, Z. Yuan, W. Qin, H. S. Ghaziaskar, M.-A. Poirier, and C. Xu, "Catalytic conversion of glycerol to oxygenated fuel additive in a continuous flow reactor: process optimization," *Fuel*, vol. 128, pp. 113–119, 2014.
- 8) E. Garcia, M. Laca, E. Perez, A. Garrido, and J. Peinado, "New class of acetal derived from glycerin as a biodiesel fuel component," *Energy and Fuels*, vol. 22, no. 6, pp. 4274–4280, 2008.
- 9) P. C. Smith, Y. Ngothai, Q. Dzuy Nguyen, and B. K. O'Neill, "Improving the low-temperature properties of biodiesel: methods and consequences," *Renewable Energy*, vol. 35, no. 6, pp. 1145–1151, 2010.
- 10) D. Bradin, G. L. Grune, and M. Trivette, "Alternative fuel and fuel additive compositions," 2009, United States Patent Application Publication No.US 2009/0013591 A1, Virginia, Va, USA.
- 11) C. J. A. Mota, C. X. A. Da Silva, N. Rosenbach, J. Costa, and F. Da Silva, "Glycerin derivatives as fuel additives: The addition of glycerol/acetone ketal (solketal) in gasolines," *Energy and Fuels*, vol. 24, no. 4, pp. 2733–2736, 2010.
- 12) P. Mukhopadhyay and R. Chakraborty, "Effects of bioglycerol based fuel additives on diesel fuel property, engine performance and emission quality: a review," *Energy Procedia*, vol. 79, pp. 671–676, 2015.
- 13) E.-E. Oprescu, R. E. Dragomir, E. Radu et al., "Performance and emission characteristics of diesel engine powered with diesel-glycerol derivatives blends," *Fuel Processing Technology*, vol. 126, pp. 460–468, 2014.

## ADAMANTYLGLYCINE AS A SYNTHON FOR NITROGENOUS HETEROCYCLES. SYNTHESIS OF 5- (ADAMANTAN-1-YL)-3-METHYL-4,5-DIHYDRO-1,2,4- TRIAZIN-6(1H)-ONE AND 4-(ADAMANTAN-1-YL)-2- METHYL-1H-IMIDAZOL-5(4H)-ONE

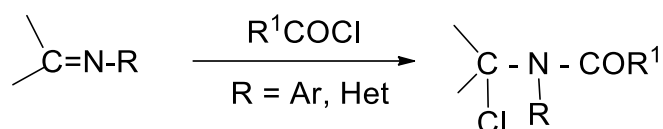
**Koshchii Iryna**

PhD in Chemistry, Associate Professor  
Department of Organic Chemistry and Technology of Organic Substances  
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**Klimko Yurii**

PhD in Chemistry, Senior Lecturer  
Department of Organic Chemistry and Technology of Organic Substances  
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

It is known that many heterocyclic compounds, even relatively simple ones, are difficult to obtain, significantly limiting their scope of application. Therefore, the search for new regioselective heterocyclizations based on readily available reagents is highly relevant. Various amidoalkylating agents, in particular those obtained from Schiff bases according to the general scheme, are among such promising reagents:



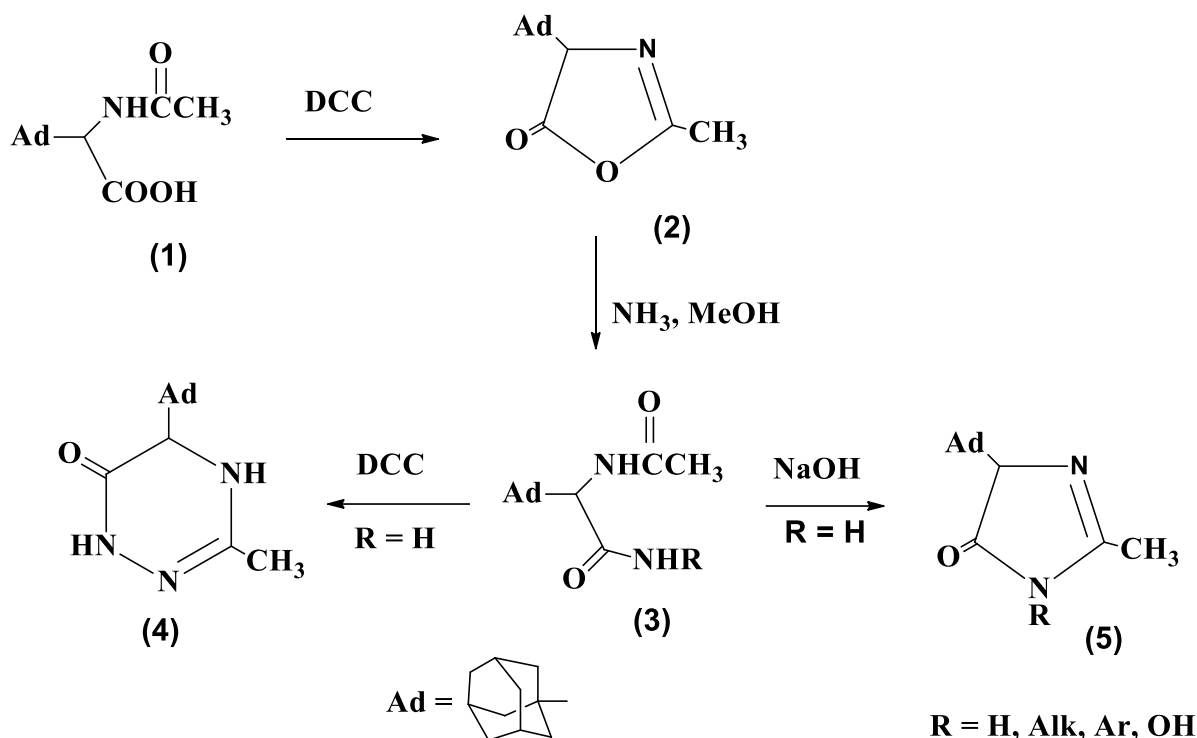
The preparation of reagents according to this scheme is only briefly mentioned in the literature [1-3].

The use of such amidoalkylating reagents obtained from cage ketones would allow the preparation of nitrogen heterocycles by a new method, often yielding uniquely high yields [4].

The aim of this study is to attempt the synthesis of 5-(adamantan-1-yl)-3-methyl-4,5-dihydro-1,2,4-triazin-6(1H)-one (4) and 4-(adamantan-1-yl)-2-methyl-1H-imidazol-5(4H)-one (5) using 1-adamantylglycine as a synthon to prepare the amidoalkylating reagent.

The physiological activity of cage hydrocarbon derivatives, primarily adamantane derivatives, has been extensively studied. Some of them are already used as pharmaceuticals. The activity of these compounds is due to the pronounced lipophilic nature of the compact hydrocarbon fragment, as well as, probably, the abiogenic origin of most of these compounds [5, 6].

Below is the diagram according to which the synthesis was carried out:



General synthesis procedure (R=H).

1) 2-(Adamantyl-1)-N-acetylglycine (1). An equimolar amount of acetic anhydride is added to a solution of 0.05 mol of 1-adamantylglycine in dry benzene, and the mixture is left at room temperature for 24 hours. The solvent is removed in vacuo. The product (1) is then used without further purification.

2) 4-(Adamantan-1-yl)-2-methyloxazol-5(4H)-one (2). 0.05 mol of dicyclohexylcarbodiimide (DCC) is added to a solution of the acetyl derivative (1) in dry chloroform. The mixture is refluxed for 2 hours. After cooling, the urea precipitate is filtered off. The solvent is removed in vacuo. The yield of oxazolone (2) is quantitative. 3) 2-(Adamantyl-1)-N-acetylglycine amide (3). A solution of ammonia in methanol is added to a solution of oxazolone (2). The mixture is left at room temperature for 24 hours. The solvent is removed in vacuo. The yield of amide (3) is quantitative.

4) 5-(Adamantan-1-yl)-3-methyl-4,5-dihydro-1,2,4-triazin-6(1H)-one (4). DCC is added to a solution of 0.05 mol of amide (3) in chloroform. The mixture is refluxed for 3 hours. After cooling, the urea precipitate is filtered off. The solvent is removed in vacuo. The yield of triazine (4) is 91% (ethanol).

5) 4-(Adamantan-1-yl)-2-methyl-1H-imidazol-5(4H)-one (5). A solution of an equimolar amount of NaOH in methanol is added to a solution of 0.05 mol of amide (3) in methanol. The mixture is refluxed for 5 hours. The solvent is removed in vacuo. The residue is washed with water and air-dried. The yield of imidazole (5) is 87% (ethanol).

The structure of compound (4), (5) was confirmed based on  $^1\text{H}$  and  $^{13}\text{C}$  NMR, IR and mass spectra.

**References**

1. Hellmann H. // *Angew. Chem.*, - 1957. – 69, #13/14. – S. 463 – 471.
2. Adams P., Baron F. A. // *Chem. Revs.* – 1965. – 65, #5. – P. 567-602.
3. Zaugg H. E. // *Synthesis*. – 1970. – 1 - #2. – P. 49 – 73.
4. Petersen H. // *Synthesis*. – 19973. - #5. – P.243-292.
5. Skoldinov A.P. // *Scientific Conf. on Organopolyhedra Chemistry: Abstracts of Reports*. Volgograd, 1981. P. 133.
6. Kovtun I.Yu., Plakhotnik V.M. // *Chemical-pharmaceutical journal*. 19987. Vol. 28, No. 8. P. 931-940.

# CNN-BASED SPEECH SPECTROGRAM INPAINTING FOR SIGNAL LOSS RECONSTRUCTION

**Tkachuk Orest**

Postgraduate student

Department of Artificial Intelligence Systems

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

## **Abstract**

This paper investigates speech signal loss reconstruction as a spectrogram inpainting task. Short missing fragments are simulated in log-magnitude STFT spectrograms using controlled 20ms and 60ms loss scenarios. The Google Speech Commands dataset is used as a source of short speech recordings. A compact RecU-Net model is trained on mixed loss scenarios to reconstruct corrupted spectrogram regions from a masked spectrogram and a binary loss mask. The reconstructed magnitude is combined with the original STFT phase for waveform recovery. The model is compared with a linear interpolation baseline on separate test scenarios. On average, masked  $L_1$  improved by 25.62%, while SI-SDR increased by 2.95 dB. The proposed method can serve as a simple module for speech loss reconstruction.

**Keywords:** speech processing, audio signal processing, signal loss reconstruction, STFT, convolutional neural networks.

## **1. Introduction**

Speech communication is one of the most common forms of real-time digital information exchange. In practical communication systems, speech quality may be affected by short interruptions caused by unstable transmission conditions, packet loss, or other technical limitations. Such interruptions are especially noticeable when they occur inside meaningful speech fragments, where the missing information cannot be easily ignored by the listener. Therefore, reconstruction of missing speech fragments remains a relevant task for speech processing and communication systems.

One possible way to approach this task is to represent speech in the time-frequency domain and restore corrupted regions using the surrounding spectral context. In this form, the problem becomes similar to inpainting, where missing areas are reconstructed from neighboring information. This study evaluates a compact CNN-based spectrogram inpainting model under simulated signal loss conditions and compares it with a simple interpolation baseline, while keeping the experimental setup controlled and reproducible.

## **2. Dataset and signal loss simulation**

The experimental study was performed using short speech recordings from the Google Speech Commands dataset [1]. Recordings with a duration of at least 900ms were selected and converted to a fixed length of 1s by zero-padding shorter samples at the end. This provided a uniform input duration and made the spectrogram dimensions

consistent for all samples. After filtering, the dataset contained 60640 recordings, including 47759 training samples (78.76%), 6398 validation samples (10.55%), and 6483 test samples (10.69%).

To effectively capture the primary frequency range of human speech, each audio signal was sampled at 16 kHz and converted to the time-frequency domain via short-time Fourier transform. The FFT size was set to 512 samples, and the hop length was set to 160 samples. Therefore, the time step between neighboring spectrogram frames was:  $\Delta t = \frac{160}{16000} = 0.01s = 10ms$ . With these parameters, each 1s recording was represented as a 257 x 101 log-magnitude spectrogram.

The magnitude spectrogram was converted to a logarithmic scale:  $X_{log} = \log(1 + |STFT(x)|)$ , where  $x$  is the input speech signal. This transformation reduces the dynamic range of the magnitude values and makes the spectrogram representation more stable for reconstruction.

Signal losses were simulated directly in the spectrogram domain. A binary mask was generated for each sample, where masked time columns corresponded to missing signal fragments. The corrupted spectrogram was obtained as  $\tilde{X}_{log} = X_{log}(1 - M)$ .

The loss scenarios were selected to represent short and longer missing fragments. A 20ms duration was chosen because it is commonly used as a packetization interval in real-time speech transmission, while 60ms was included as a more severe case that may correspond to a longer encoded audio frame or several consecutive 20ms losses [2,3]. The 10ms STFT time step made it convenient to represent 20ms and 60ms losses as 2 and 6 spectrogram columns respectively. The considered scenarios are shown in Table 1. The mask positions were generated only within the original speech region, while padded regions were excluded from corruption generation.

**Table 1.**  
Simulated signal loss scenarios

Scenario	Total missing duration, ms	Missing ratio, %
20ms x 3	60	6%
20ms x 5	100	10%
60ms x 1	60	6%
60ms x 2	120	12%
60ms x 3	180	18%

### 3. Proposed method

The proposed method uses a compact CNN-based encoder-decoder model for spectrogram reconstruction. The network input consists of two channels: the corrupted log-magnitude spectrogram and the binary mask that indicates missing regions. The clean log-magnitude spectrogram is used as the target. The model predicts a reconstructed spectrogram, but only the masked regions are taken from the prediction in the final output:

$$X_{log}^{rec} = \tilde{X}_{log}(1 - M) + \hat{X}_{log}M$$

where  $\tilde{X}_{log}$  is the corrupted spectrogram,  $\hat{X}_{log}$  is the model prediction, and  $M$  is the binary mask. This allows the method to preserve uncorrupted regions from the original input and replace only missing fragments.

The architecture follows a small U-Net style encoder-decoder structure with skip connections [4]. The main repeated unit is a ConvBlock with two 3 x 3 convolutional layers, each followed by batch normalization and ReLU activation. Padding of 1 preserves the spatial size inside the block. ConvBlocks are used in the encoder, bottleneck, and decoder stages. The main stages of the Reconstruction U-Net model are summarized in Table 2, while the detailed implementation is available in the project repository [5].

**Table 2.**  
Structure of the proposed RecU-Net model

Stage	Operation	Input shape	Output shape
Input	Two-channel spectrogram input	257x101x2	257x101x2
Encoder stage 1	ConvBlock	257x101x2	257x101x32
Downsampling 1	MaxPool2d (2)	257x101x32	128x50x32
Encoder stage 2	ConvBlock	128x50x32	128x50x64
Downsampling 2	MaxPool2d (2)	128x50x64	64x25x64
Bottleneck	ConvBlock	64x25x64	64x25x128
Decoder stage 2	ConvTranspose2d + skip connection + ConvBlock	64x25x128	128x50x64
Decoder stage 1	ConvTranspose2d + skip connection + ConvBlock	128x50x64	257x101x32
Output	1 x 1 convolution	257x101x32	257x101x1

The RecU-Net model was trained using a combined  $L_1$ -based reconstruction loss. The  $L_1$ -norm is often used in time-frequency audio inpainting as a computationally feasible criterion, although it may also lead to limitations such as energy loss in reconstructed regions [6]. In this work, the main loss component was computed inside the masked spectrogram regions, so that optimization focused on the missing fragments, while a smaller global component was added to prevent unnecessary changes in the rest of the spectrogram:

$$L = L_{masked} + 0.1 * L_{global}$$

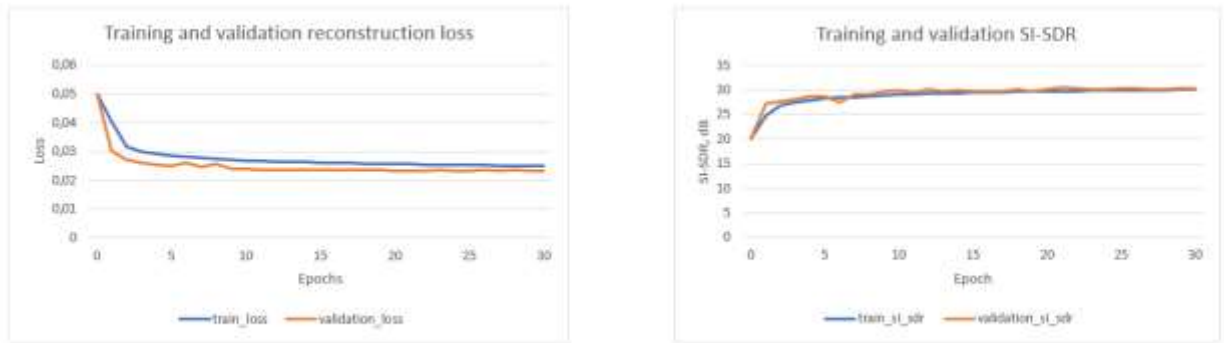
For waveform reconstruction, the restored log-magnitude spectrogram was converted back to magnitude form and combined with the original STFT phase. The signal was then reconstructed using inverse STFT. Phase was not predicted by the network, which simplified the task and kept the model focused on magnitude reconstruction.

A linear interpolation method was used as a classical baseline [7]. It filled missing spectrogram columns using the nearest available columns around the corrupted region. If the missing region was located near the spectrogram edges, the nearest available column was copied. This baseline was selected because it is simple, deterministic, and directly uses local time-frequency context without training.

#### 4. Experimental setup and results

The model was trained using mixed signal-loss scenarios and evaluated separately for each test scenario. This allowed to test whether one trained model can work under different degradation patterns. The same test samples and masks were used for both interpolation and RecU-Net, ensuring a consistent comparison.

The model was trained with the Adam optimizer, using a learning rate of 0.001, a batch size of 32, and 30 training epochs. During training, the reconstruction loss steadily decreased, while SI-SDR steadily increased on both the training and validation subsets. These dynamics indicate stable model convergence and are shown in Fig. 1.



**Figure 1.** Training and validation dynamics of reconstruction loss and SI-SDR.

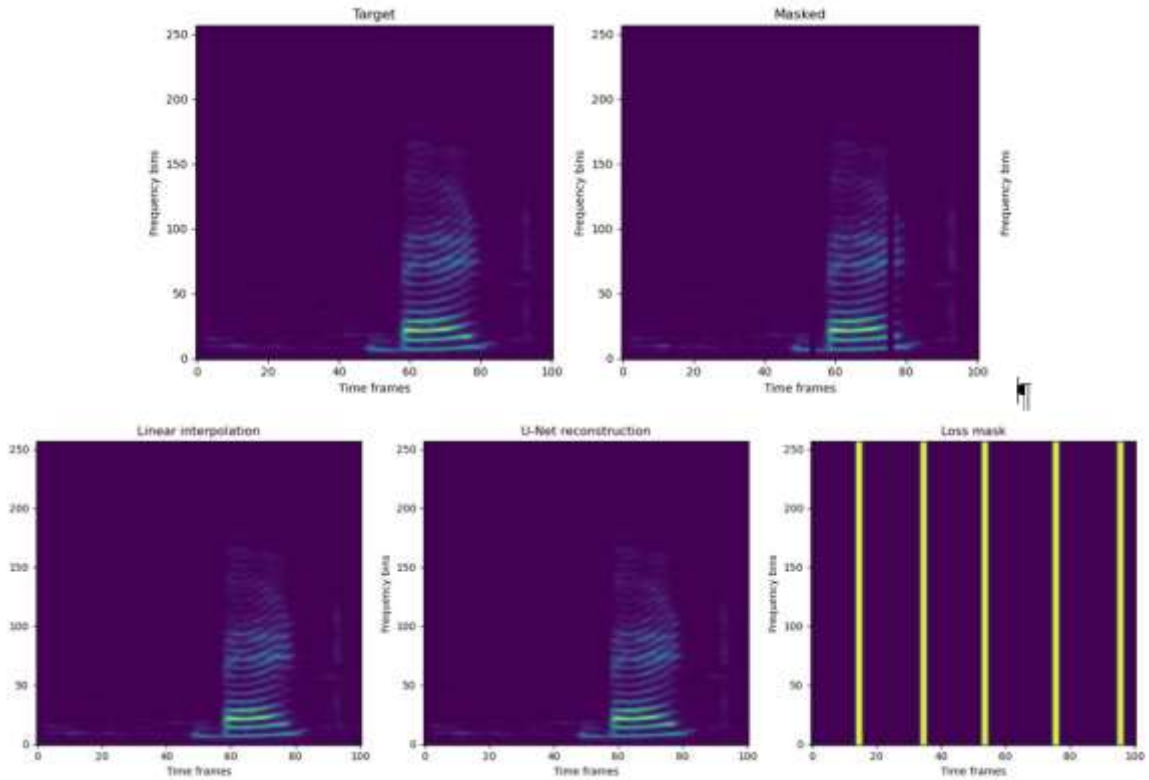
Source: developed by the author.

The evaluation used two complementary metrics: masked  $L_1$  for the removed spectrogram regions and SI-SDR for the reconstructed waveform after inverse STFT. SI-SDR was used as a scale-invariant signal-level metric for comparing the reconstructed audio with the reference signal [8]. This allowed reconstruction quality to be assessed both in the spectrogram domain and in the final audio signal. The final comparison between the interpolation baseline and the proposed RecU-Net model is shown in Table 3.

**Table 3.**  
 Comparison of reconstruction with the linear interpolation baseline

Scenario	Method	Masked $L_1$	Masked $L_1$ drop, %	SI-SDR, dB	SI-SDR gain, dB
20ms x 3	Interpolation	0.027424	27.45%	29.999001	+3.63
	RecU-Net	0.019896		33.627701	
20ms x 5	Interpolation	0.027276	27.34%	24.949442	+3.89
	RecU-Net	0.019818		28.843720	

60ms x 1	Interpolation	0.039385	24.33%	35.659504	+2.03
	RecU-Net	0.029801		37.693734	
60ms x 2	Interpolation	0.038098	24.71%	24.702392	+2.51
	RecU-Net	0.028684		27.216854	
60ms x 3	Interpolation	0.038513	24.27%	19.154576	+2.68
	RecU-Net	0.029166		21.830147	



**Figure 2.** Visual comparison of target spectrogram, masked spectrogram, linear interpolation result, and RecU-Net reconstruction for one selected test sample.

Source: developed by the author.

Fig. 2 illustrates the difference between the two reconstruction approaches. Compared with interpolation, the proposed model restores the missing regions more accurately and preserves the local spectral structure better.

The results show that the proposed model outperformed linear interpolation in all tested scenarios. Lower masked-region errors indicate more accurate reconstruction of the missing spectrogram fragments, while higher SI-SDR values confirm that the improvement is also reflected in the reconstructed waveform. This suggests that the model learned a more effective reconstruction rule than direct local interpolation, especially for scenarios with larger total missing duration.

## 5. Discussion and Future Work

The obtained results show that the proposed RecU-Net model outperformed interpolation approach in all tested signal-loss scenarios. On average, masked  $L_1$  improved by 25.62%, while SI-SDR increased by 2.95 dB. The absolute SI-SDR values

were also relatively high: even the interpolation baseline often produced values above 20 dB, which indicates that the reconstructed waveform remained close to the reference signal. This is expected because the removed fragments occupied only small part of each one-second recording.

At the same time, the consistent SI-SDR gain shows that the neural model improved the final waveform more than the interpolation baseline. Together with lower masked  $L_1$  values, this suggests that the model learned useful time-frequency patterns instead of only smoothing the missing regions between neighboring spectrogram frames.

The main limitation of the current approach is that only the log-magnitude spectrogram is reconstructed, while the original phase is reused during inverse STFT. In addition, signal losses were simulated using predefined scenarios, whereas real packet losses may have more varied duration and distribution.

Future work will focus on using this reconstruction module as part of a broader audio enhancement system. The proposed method can be used as an independent signal-loss reconstruction approach, but it is also planned to serve as one stage of a more comprehensive pipeline for audio quality improvement. Further research may include more realistic loss patterns, longer speech recordings, phase-aware reconstruction, and comparison with waveform-domain models.

## 6. Conclusions

In this work, short speech loss reconstruction was formulated as a controlled spectrogram inpainting task. This formulation made it possible to isolate the missing-fragment reconstruction problem and compare the proposed model with the interpolation baseline under identical loss positions and durations.

The obtained results showed that linear interpolation is a strong baseline for short gaps, but it does not fully use the local spectral patterns present in speech. The proposed RecU-Net model provided consistent improvement over this baseline, which indicates that even a compact CNN can learn useful time-frequency structure for restoring missing fragments.

The results support the use of spectrogram-domain neural reconstruction as a practical approach to restoring short missing audio fragments. The proposed method may be used as an independent reconstruction module, but it can also serve as one stage of a broader audio enhancement system. Future work should focus on more realistic loss patterns, longer speech recordings, and phase-aware reconstruction.

## References

1. Google Speech Commands [Internet]. [cited 2026 May 20]. <https://www.kaggle.com/datasets/neeakurelli/google-speech-commands>. Accessed 20 May 2026
2. Spittka J, Vos K, Valin J-M. RTP Payload Format for the Opus Speech and Audio Codec [Internet]. Internet Engineering Task Force; 2015 June. Report No.: RFC 7587. <https://doi.org/10.17487/RFC7587>

3. Valin J-M, Vos K, Terriberry TB. Definition of the Opus Audio Codec [Internet]. Internet Engineering Task Force; 2012 Sept. Report No.: RFC 6716. <https://doi.org/10.17487/RFC6716>
4. Ronneberger O, Fischer P, Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation [Internet]. arXiv; 2015 [cited 2026 May 21]. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1505.04597>
5. Edwin1349. Edwin1349/Simple-RecU-Net-Spectrogram-Inpainting [Internet]. 2026 [cited 2026 May 21]. <https://github.com/Edwin1349/Simple-RecU-Net-Spectrogram-Inpainting>. Accessed 21 May 2026
6. Balušík P, Rajmic P. Audio Inpainting in Time-Frequency Domain with Phase-Aware Prior [Internet]. arXiv; 2026 [cited 2026 May 21]. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.2601.18535>
7. Meijering E. A chronology of interpolation: from ancient astronomy to modern signal and image processing. Proc IEEE. 2002;90:319–42. <https://doi.org/10.1109/5.993400>
8. Roux JL, Wisdom S, Erdogan H, Hershey JR. SDR - half-baked or well done? [Internet]. arXiv; 2018 [cited 2026 May 21]. <https://doi.org/10.48550/ARXIV.1811.02508>

## **АДАПТИВНА МУЛЬТИМОДАЛЬНА ІНТЕГРАЦІЯ ДАНИХ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ КОГНІТИВНОГО ЗНИЖЕННЯ У ПАЦІЄНТІВ ІЗ ЛЕГКИМИ КОГНІТИВНИМИ ПОРУШЕННЯМИ**

**Пташинський Мар'ян Олегович,**

здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти  
Національний університет «Львівська політехніка»  
м. Львів, Україна

**Марікуца Уляна Богданівна**

к.т.н., доцент  
Національний університет «Львівська політехніка»  
м. Львів, Україна

Прогнозування когнітивного зниження у пацієнтів із легкими когнітивними порушеннями є складною задачею медичного аналізу даних, оскільки розвиток нейродегенеративних змін рідко відбувається лінійно та однаково для всіх пацієнтів. У різних випадках більшу прогностичну цінність можуть мати демографічні характеристики, результати когнітивного тестування або морфометричні показники головного мозку. Саме тому використання лише однієї групи ознак або механічне об'єднання всіх доступних змінних у спільний простір не завжди забезпечує достатню стійкість прогнозу.

Сучасні дослідження підтверджують доцільність мультимодального підходу до аналізу когнітивного зниження. Зокрема, поєднання МРТ-ознак, когнітивних показників, біомаркерів і клінічних характеристик дозволяє отримувати більш повну картину стану пацієнта, ніж використання ізольованих джерел даних [1, 2]. Водночас у багатьох наявних підходах модальності інтегруються переважно статично: після етапу навчання модель працює з фіксованою логікою важливості ознак, хоча в реальних клінічних умовах надійність і прогностична цінність окремих джерел інформації можуть суттєво змінюватися. Це особливо важливо для МСІ, оскільки дана категорія пацієнтів є внутрішньо неоднорідною: частина осіб демонструє подальше погіршення, частина залишається стабільною, а частина може мати повільні або нетипові траєкторії змін [3].

Метою дослідження є розроблення та програмна перевірка адаптивного мультимодального підходу до прогнозування когнітивного зниження, у якому інтеграція ознак виконується не як фіксоване усереднення або просте об'єднання вхідних змінних, а як динамічний процес перерозподілу ваг між окремими модальностями. Такий підхід орієнтований не лише на підвищення точності класифікації, а й на підвищення інтерпретованості, оскільки дозволяє простежити, які групи ознак мають більший вплив для конкретних тестових спостережень.

У межах запропонованого підходу вхідний простір ознак поділяється на три основні модальності: демографічну, когнітивну та морфометричну. До демографічної модальності належать вік, стать, рівень освіти, соціально-економічний статус та інші допоміжні характеристики. Когнітивна модальність охоплює показники MMSE та CDR, які безпосередньо описують рівень когнітивного функціонування. Морфометрична модальність включає такі ознаки, як eTIV, nWBV та ASF, що відображають структурні характеристики головного мозку за даними МРТ. Використання саме такого поділу дозволяє не змішувати різноманітні типи даних на початковому етапі, а спочатку оцінити їхню окрему прогностичну цінність.

З технічного погляду програмна реалізація складається з кількох послідовних блоків: завантаження даних, формування суб'єкт-рівневого поздовжнього набору ознак, попередня обробка змінних, навчання базових моделей, побудова адаптивної моделі інтеграції, розрахунок метрик і автоматичне збереження результатів. На етапі підготовки даних для кожного пацієнта формується узагальнений запис на основі поздовжніх спостережень. Зокрема, розраховується річна зміна MMSE, зміна nWBV, ознака майбутньої конверсії та бінарна змінна значущого когнітивного зниження. Це дозволяє перейти від окремих візитів до більш змістовного опису динаміки стану пацієнта.

Основою запропонованої моделі є адаптивне зважування модальностей. Для кожної групи ознак навчається окрема модель, яка формує власний прогноз. Далі ці прогнози об'єднуються не з однаковими або заздалегідь заданими вагами, а з коефіцієнтами, що залежать від трьох складових: глобальної якості модальності, повноти даних для конкретного об'єкта та впевненості модального прогнозу. Для задачі класифікації впевненість визначається через віддаленість імовірності від нейтрального значення 0,5: чим більший визначеним є прогноз окремої модальності, тим більший внесок вона може отримати у фінальному рішенні. Для задачі регресії використовується нормалізована оцінка відхилення прогнозу від середнього значення, що дозволяє врахувати локальну виразність сигналу.

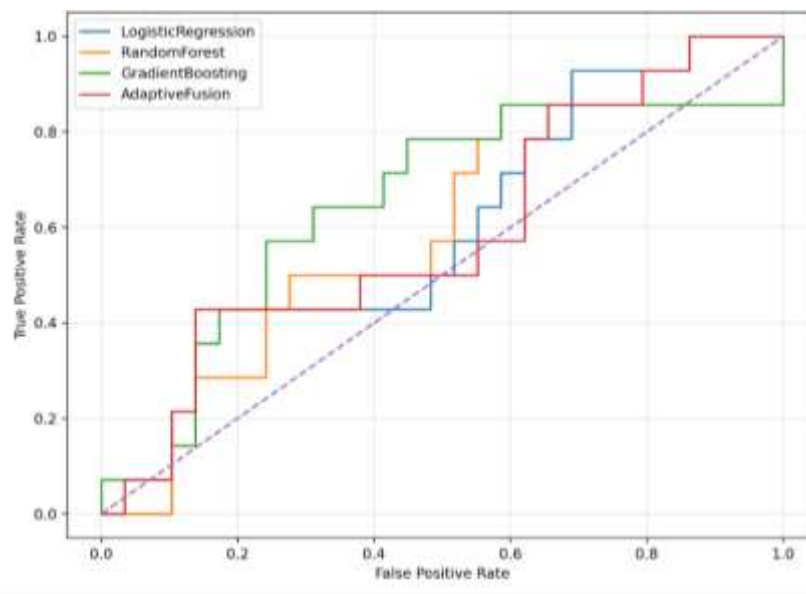
Фінальний прогноз формується як зважена агрегація модальних прогнозів. Наукова новизна цього рішення полягає не в самому факті використання мультимодальних даних, а в тому, що ваги модальностей не залишаються незмінними після навчання. Вони перераховуються під час інференсу для кожного пацієнта окремо. Таким чином, модель реалізує інстанс-специфічну логіку інтеграції: для одного пацієнта більш інформативними можуть бути когнітивні показники, для іншого – демографічні або морфометричні характеристики. Це відрізняє запропонований підхід від класичних схем раннього злиття ознак, де всі змінні просто подаються на вхід однієї моделі, а також від стандартних ансамблів, де ваги компонентів зазвичай не адаптуються до структури конкретного вхідного об'єкта.

Експериментальну перевірку виконано на відкритому наборі даних OASIS, що містить МРТ-дані та супровідні клініко-когнітивні характеристики пацієнтів [7]. Цей набір є доцільним для поставленої задачі, оскільки поєднує поперечні й поздовжні спостереження та дає змогу аналізувати не лише статичний стан

пацієнта, а й зміну когнітивних показників у часі. Використання відкритого датасету також забезпечує відтворюваність експерименту та можливість подальшого порівняння результатів з іншими підходами.

У межах класифікаційного експерименту прогнозувалася наявність значущого когнітивного зниження. Для порівняння були використані базові моделі Logistic Regression, Random Forest та Gradient Boosting, а також запропонована модель AdaptiveFusion. За результатами тестування Gradient Boosting продемонстрував найвище значення AUC – 0,648, однак адаптивна модель показала найкраще значення F1-score серед розглянутих підходів – 0,424, що є важливим у контексті дисбалансу між класами. Крім того, AdaptiveFusion забезпечила recall на рівні 0,500, тобто краще виявляла частину випадків когнітивного зниження порівняно з Random Forest. Це свідчить про те, що адаптивна інтеграція може бути корисною не як модель, яка обов'язково максимізує одну окрему метрику, а як більш збалансований механізм прийняття рішень у неоднорідних умовах.

На рис. 1 показано порівняння Logistic Regression, Random Forest, Gradient Boosting та AdaptiveFusion.



**Рис. 1.** ROC-криві моделей класифікації когнітивного зниження  
Джерело рисунка: розроблено автором

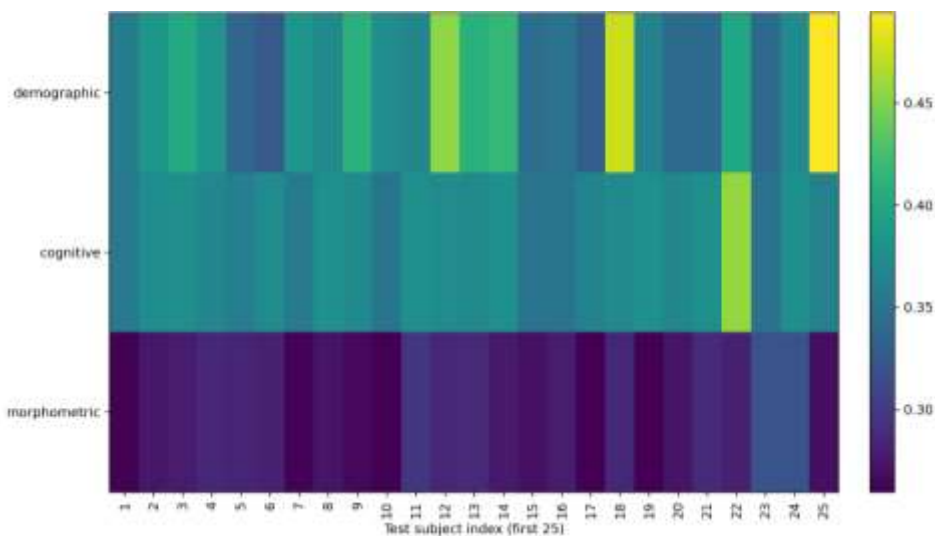
Рис. 1 ілюструє, що запропонована модель має конкурентну ROC-траєкторію, хоча окремі базові моделі можуть демонструвати вищі значення на певних ділянках. Науково важливим є те, що AdaptiveFusion не розглядається як просте «переможне» рішення за однією метрикою, а як модель, яка забезпечує стійкішу поведінку в умовах різної інформативності модальностей.

Для регресійної постановки задачі прогнозувалася річна зміна MMSE. У цьому випадку найкращі результати показала модель AdaptiveFusionReg: RMSE становило 0,706, MAE – 0,510, а  $R^2$  – 0,110. Порівняно з RandomForestReg, LinearRegression та GradientBoostingReg адаптивна регресійна модель

продемонструвала найменшу помилку RMSE та найвище значення  $R^2$ . Це є особливо важливим, оскільки регресійне прогнозування когнітивної динаміки є складнішим за бінарну класифікацію: модель повинна не лише відрізнити наявність або відсутність зниження, а й оцінити його кількісну інтенсивність.

Окрему увагу слід приділити інтерпретованості адаптивної моделі. Розподіл ваг модальностей показує, що внесок демографічних, когнітивних і морфометричних ознак змінюється між тестовими суб'єктами. Це означає, що модель не нав'язує однакову структуру важливості всім пацієнтам, а формує різні схеми інтеграції залежно від конкретної конфігурації даних. У цьому полягає ключова перевага запропонованого підходу порівняно з моделями, які будують єдину глобальну залежність для всіх спостережень.

Рис. 2 є найбільш показовим для демонстрації наукової новизни, оскільки він візуалізує не просто якість прогнозу, а внутрішній механізм роботи моделі.



**Рис. 2.** Розподіл адаптивних ваг модальностей для тестових спостережень  
Джерело рисунка: розроблено автором

Якщо на графіку видно, що ваги демографічної, когнітивної та морфометричної модальностей змінюються від пацієнта до пацієнта, це підтверджує наявність локальної адаптивності. Саме така властивість є важливою для медичних задач, де однакова модельна логіка не завжди коректно описує різні клінічні профілі.

Запропонований підхід узгоджується з сучасною тенденцією переходу від ізольованого аналізу біомаркерів до комплексних мультимодальних систем. Наприклад, у попередніх дослідженнях підкреслюється значення поєднання МРТ, клінічних і когнітивних змінних для прогнозування деменції та когнітивного погіршення [1, 2]. Водночас дослідження гетерогенності МСІ демонструють, що пацієнти з легкими когнітивними порушеннями не утворюють однорідної групи, а можуть мати різні підтипи та різні ризики подальшої конверсії [3]. Це підтверджує необхідність не лише

мультимодального, а саме адаптивного підходу, здатного змінювати вагу джерел інформації залежно від конкретного випадку.

Крім класичних клінічних та нейровізуалізаційних ознак, у сучасних дослідженнях активно використовуються й інші джерела інформації, зокрема медичні текстові записи, ПЕТ-радіоміка та нейрофізіологічні показники [4-6]. Це свідчить про розширення простору даних для прогнозування когнітивного зниження. Однак збільшення кількості модальностей водночас посилює проблему їх узгодження, оскільки різні джерела можуть мати різну частоту спостережень, різну вартість отримання, різну повноту та різний рівень шуму. Тому запропонований механізм адаптивного зважування може бути розширений на ширші мультимодальні сценарії, де до МРТ та когнітивних показників додаються текстові, лабораторні, поведінкові або сенсорні дані.

Таким чином, основний результат полягає у створенні технічно реалізованої адаптивної схеми мультимодального прогнозування, яка поєднує класифікаційну та регресійну постановки задачі. На рівні класифікації модель дозволяє оцінювати ймовірність значущого когнітивного зниження, а на рівні регресії – прогнозувати кількісну зміну MMSE. На відміну від традиційних моделей, запропонована система зберігає проміжні модальні прогнози та ваги, що підвищує прозорість аналізу. Це важливо для біомедичних задач, де сама точність моделі є недостатньою без можливості пояснити, які групи ознак вплинули на отриманий результат.

Практичне значення розробки полягає в тому, що вона може бути використана як експериментальна основа для подальшого створення систем підтримки прийняття рішень у сфері раннього виявлення когнітивного погіршення. Програмна реалізація автоматизує повний цикл дослідження: від завантаження й обробки даних до побудови графіків, таблиць метрик і файлів з тестовими прогнозами. Це забезпечує відтворюваність експерименту та спрощує подальшу модифікацію моделі, зокрема додавання нових модальностей або заміну базових алгоритмів.

Водночас отримані результати мають певні обмеження. По-перше, експеримент проведено на одному відкритому датасеті, тому подальша перевірка на інших когортах є необхідною для оцінки зовнішньої узагальнюваності. По-друге, модель не використовує повноцінну часову архітектуру, наприклад рекурентні або трансформерні механізми для поздовжніх даних. Замість цього динаміка враховується через сформовані агреговані показники, такі як річна зміна MMSE. По-третє, адаптивні ваги слід розглядати як статистичні індикатори відносної корисності модальностей, а не як прямі причинні пояснення нейродегенеративного процесу.

Отже, запропонований підхід демонструє, що адаптивна мультимодальна інтеграція є перспективним напрямом для прогнозування когнітивного зниження у пацієнтів із легкими когнітивними порушеннями. Його перевага полягає у поєднанні технічної простоти, інтерпретованості та здатності враховувати неоднакову інформативність різних груп ознак. Подальші дослідження доцільно спрямувати на перевірку моделі на незалежних клінічних наборах даних,

розширення кількості модальностей, впровадження калібрування ймовірностей та інтеграцію явного поздовжнього моделювання.

### Список літератури

1. Moradi, E., Dahnke, R., Imani, V., Gaser, C., Solomon, A., & Tohka, J. (2025). Integrating plasma, MRI, and cognitive biomarkers for personalized prediction of decline across cognitive domains. *Neurobiology of Aging*, 155, 53–65. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2025.06.010>
2. Cirincione, A., Lynch, K., Bennett, J., Choupan, J., Varghese, B., Sheikh-Bahaei, N., & Pandey, G. (2024). Prediction of future dementia among patients with mild cognitive impairment (MCI) by integrating multimodal clinical data. *Heliyon*, 10(17), e36728. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36728>
3. Kikuchi, M., Kobayashi, K., Itoh, S., Kasuga, K., Miyashita, A., Ikeuchi, T., Yumoto, E., Kosaka, Y., Fushimi, Y., Takeda, T., Manabe, S., Hattori, S., Nakaya, A., Kamijo, K., & Matsumura, Y. (2022). Identification of mild cognitive impairment subtypes predicting conversion to Alzheimer's disease using multimodal data. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 20, 5296–5308. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2022.08.007>
4. Mao, C., Xu, J., Rasmussen, L., Li, Y., Adekkanattu, P., Pacheco, J., Bonakdarpour, B., Vassar, R., Shen, L., Jiang, G., Wang, F., Pathak, J., & Luo, Y. (2023). AD-BERT: Using pre-trained language model to predict the progression from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease. *Journal of Biomedical Informatics*, 144, 104442. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2023.104442>
5. Peng, J., Wang, W., Song, Q., Hou, J., Jin, H., Qin, X., Yuan, Z., Wei, Y., & Shu, Z. (2023). 18F-FDG-PET Radiomics Based on White Matter Predicts The Progression of Mild Cognitive Impairment to Alzheimer Disease: A Machine Learning Study. *Academic Radiology*, 30(9), 1874–1884. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2022.12.033>
6. Gaubert, S., Garces, P., Hipp, J., Bruña, R., Lopéz, M. E., Maestu, F., Vaghari, D., Henson, R., Paquet, C., & Engemann, D.-A. (2025). Exploring the neuromagnetic signatures of cognitive decline from mild cognitive impairment to Alzheimer's disease dementia. *eBioMedicine*, 114, 105659. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2025.105659>
7. MRI and Alzheimers. (б. д.). *Kaggle: The World's AI Proving Ground*. <https://www.kaggle.com/datasets/jboysen/mri-and-alzheimers>

## ПРИНЦИПИ РОБОТИ SQL INJECTION АТАК ТА ПРОТИДІЯ ЇМ

**Єрмоєнко Владислав Олександрович**

здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
спеціальності F5 “Кібербезпека та захист інформації”

Навчально-науковий інститут комп’ютерних наук та штучного інтелекту  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Харків, Україна

Стрімке зростання кількості та поширення веб-додатків у сучасному світі призвело до значного збільшення числа та серйозності кібератак. За статистикою, величезні обсяги даних, які нині доступні в глобальній мережі, постійно спонукають хакерів до розробки та здійснення нових видів кіберзлочинів [1]. Серед розмаїття загроз атака типу SQL Injection вважається однією з найнебезпечніших для веб-додатків та серверних систем [1-2], адже становить надзвичайно серйозну загрозу, ставлячи під удар основні стовпи інформаційної безпеки: конфіденційність, автентифікацію, авторизацію та цілісність даних.

Зловмисники постійно намагаються обійти мережеві вікна веб-додатків та отримати несанкціонований доступ до конфіденційних баз даних, в яких зберігається критично важлива інформація користувачів та компаній [1][3]. Попри наявність безлічі сучасних інструментів безпеки, таких як міжмережеві екрани та системи виявлення вторгнень, саме атаки типу SQL-ін'єкції залишаються головною проблемою безпеки та найефективнішим методом викрадення інформації з баз даних [2].

### **1. Що таке SQL Injection атаки.**

SQL – це найпоширеніша мова високого рівня, яка використовується в різних системах керування реляційними базами даних для контролю та побудови команд запитів. SQL-запити використовуються для доступу до серверів баз даних, взаємодії з ними та маніпулювання даними [2].

Атака SQL-ін'єкції відбувається, коли зловмисник вставляє шкідливі SQL-команди у форми вводу або запити для того, щоб отримати доступ до бази даних або маніпулювати її вмістом. Успішне проведення такої атаки може мати катастрофічні наслідки, адже може дозволити зловмисникам читати конфіденційні дані, змінювати саму базу даних, виконувати адміністративні операції або навіть виконувати команди на операційній системі хоста [1-2].

Джерелами вразливостей для SQL-ін'єкцій найчастіше виступають [2]:

- **Введення користувача:**

Використання веб-форм, наприклад логіну, паролю або адреси, в які зловмисники можуть впровадити шкідливий код.

- **Файли cookies:**

Зловмисник може вбудувати шкідливий код у вміст файлів cookies на своєму комп'ютері, роблячи веб-додаток, який використовує ці дані, вразливим.

- **Змінні сервера:**

Якщо мережеві заголовки та метадані HTTP зберігаються в базі даних без перевірки, зловмисники можуть помістити SQL-атаку безпосередньо в них.

- **Збережені ін'єкції:**

Зловмисники вбудовують шкідливі вхідні дані в саму базу даних, щоб опосередковано запускати атаку кожного разу, коли ці заражені дані використовуються додатком у майбутньому.

## **2. Техніки SQL Injection атак.**

Існує безліч типів та технік проведення атак SQL-ін'єкцій, бо зловмисники застосовують різні підходи залежно від їхньої кінцевої мети, ідентифікація вразливостей, вилучення даних, зміна інформації або обхід автентифікації) [1-2]:

- **Тавтології:**

Загальна мета цієї атаки – впровадити код в один або кілька умовних операторів так, щоб вони завжди оцінювалися як істинні. Цей метод найчастіше використовується для обходу сторінок автентифікації та швидкого вилучення даних [1-2].

- **Запити з об'єднанням:**

У таких випадках зловмисник використовує ключове слово UNION, щоб приєднати свій шкідливий запит до оригінального безпечного запиту. Це дозволяє отримати значення зі стовпців інших таблиць, до яких користувач не повинен мати доступу [1-2].

- **Збережені процедури:**

Так називається процес, коли зловмисник намагається запустити вбудовані процедури або функції, які вже передбачені розробниками в базі даних, щоб розширити привілеї або виконати віддалені команди операційної системи [2].

- **Логічно неправильні запити:**

Коли зловмисники навмисно вводять маніпульований запит, щоб навмисно згенерувати розгорнуте повідомлення про помилку від сервера, тому що сторінка з помилкою може надати хакерам безцінну інформацію про назви таблиць, стовпців та структуру бази даних [2].

## **3. Протидія SQL Injection атакам.**

Для виявлення та запобігання атакам SQL-ін'єкцій розроблено велику кількість методів, які можна класифікувати за основними підходами [1]:

- **Методи на основі моделей запитів:**

Це інструменти, які динамічно генерують структуру безпечного запиту, передбаченого програмістом, та порівнюють її зі структурою запиту, згенерованого на основі фактичних введених даних. Інший приклад – це метод

SQLStor, який базується на семантичному порівнянні синтаксичного дерева оригінального та безпечного запиту [1-2].

- **Методи на основі обфускації та рандомізації:**

Такі підходи передбачають модифікацію вхідних даних користувача або ключових слів SQL за допомогою випадкових значень або шифрування перед їх виконанням на сервері, що перешкоджає несанкціонованому доступу, перетворюючи введені дані на зашифрований текст, який безпечно розшифровується лише якщо структура запиту не була порушена [1-2].

Штучний інтелект демонструє багатообіцяючі результати у виявленні SQL-ін'єкцій за допомогою тренування класифікаторів на історичних даних [1][3], тому більш нові системи можуть також використовувати:

- **Кероване навчання:**

Алгоритми тренуються на розмічених наборах даних, де вказано, чи є запит нормальним або шкідливим. Найбільш поширеними алгоритмами наразі є дерева рішень, метод опорних векторів, K-найближчих сусідів та наївний байєсівський класифікатор[1][3], які здатні з точністю часто понад 95% відрізнити атаки від звичайного трафіку [3].

- **Глибоке навчання:**

В цьому випадку використовуються складні нейронні мережі, такі як CNN, LSTM та MLP [1][3]. Наприклад, деякі інструменти конвертують SQL-запити в послідовність токенів для побудови векторної моделі слів, яка потім тренується за допомогою нейромережі LSTM [1].

### **Висновки:**

SQL-ін'єкції залишаються одними з найпоширеніших і найнебезпечніших загроз у сфері веб-безпеки, завдаючи шкоди конфіденційності та цілісності даних, а оскільки обсяги даних постійно зростають, то й зловмисники удосконалюють свої техніки [1-3]. Незважаючи на розробку різноманітних технологій захисту, не існує жодного рішення, яке власноруч могло б запобігти всім типам SQL-ін'єкцій у повному обсязі [2].

Проте, поєднання багат шарового захисту з новітніми методами машинного навчання, штучного інтелекту та глибоких нейронних мереж демонструє значний прогрес та здатність адаптивно реагувати на нові форми SQL-атак [1][3].

### **Список літератури**

1. Jemal, Ines, et al. "Sql injection attack detection and prevention techniques using machine learning." *International Journal of Applied Engineering Research* 15.6 (2020): 569-580.
2. Alghawazi, M.; Alghazzawi, D.; Alarifi, S. Detection of SQL Injection Attack Using Machine Learning Techniques: A Systematic Literature Review. *J. Cybersecur. Priv.* 2022, 2, 764-777.

3. Faker, Salem A., Mohamed A. Muslim, and Harry S. Dachlan. "A systematic literature review on sql injection attacks techniques and common exploited vulnerabilities." *Int. J. Comput. Eng. Inf. Technol* 9.12 (2017): 284-291.

## **ЯК РОЗПІЗНАТИ КІБЕРЗАГРОЗИ ТА ЗАХИСТИТИ СЕБЕ ВІД НИХ**

**Доля Еліна Костянтинівна**

здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
спеціальності F5 “Кібербезпека та захист інформації”

Навчально-науковий інститут комп’ютерних наук та штучного інтелекту  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Харків, Україна

Сучасний світ неможливо уявити без глобальної мережі, яку ми використовуємо щодня для навчання, роботи та спілкування. Проте разом із корисною інформацією Інтернет приховує небезпеки, які можуть загрожувати особистим даним. Розуміння базових принципів кібергігієни є першим кроком до створення безпечного цифрового середовища навколо себе.

Серед найпоширеніших загроз в Інтернеті особливе місце посідають фішинг, спам та шкідливі сайти. Фішинг - це технологія маніпуляції, коли зловмисники маскуються під компанії або установи, щоб виманити якісь дані [1]. Спам, своєю чергою, не просто засмічує поштові скриньки набридливою рекламою, а часто слугує місцем для небезпечних вірусів [2]. Потрапляння на шкідливі сайти зазвичай закінчується прихованим завантаженням шпигунських програм, які здатні повністю заблокувати пристрій або викрасти файли [3].

Для ефективного захисту від фішингових атак необхідно виробити звичку оцінювати будь-яку отриману інформацію. Ніколи не переходьте за підозрілими посиланнями з повідомлень, навіть якщо вони надіслані нібито від імені відомих сервісів чи друзів [4]. Перевіряйте URL-адресу сайту в рядку браузера: одна неправильна літера може свідчити про підробку. Крім того, необхідно вмикати двофакторну автентифікацію всюди, де це можливо, адже вона не дозволить увійти в акаунт навіть у разі крадіжки пароля [5].

Безпечна робота з електронною поштою та месенджерами вимагає не меншої дисципліни та дотримання чітких правил. Не відкривайте вкладення у листах від невідомих адресатів [6], особливо якщо вони мають розширення .exe, .bat або заархівовані у форматі .zip. Використовуйте складні й унікальні паролі для кожної скриньки та сервісу повідомлень, уникаючи простих комбінацій [7]. Регулярне оновлення антивірусного програмного забезпечення на комп’ютері та смартфоні допоможе вчасно заблокувати спроби зламу [8].

Можна зробити висновок, що постійне підвищення власної цифрової грамотності, регулярне резервне копіювання важливих файлів та аналітичне ставлення до гучних повідомлень у мережі гарантують вам безпечне перебування в інтернет-просторі.

### Список літератури

1. Смагло О. Особливості протидії фішингу як різновид фінансових технологій. Десяті ювілейні всеукраїнські наукові читання пам'яті С. І. Юрія : збірник наукових праць (м. Тернопіль, 12 листопада 2024 року). Тернопіль, 2024. С. 171–174. <https://api.dspace.wunu.edu.ua/api/core/bitstreams/a0b67455-9e2a-4eda-a842-e59cdf60a4bd/content>
2. Дячун В.П. Використання методів машинного навчання в задачах виявлення спам-листів: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра: спец. 125 - Кібербезпека та захист інформації / наук. кер. Н.В.Загородна Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2024. 68 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48208>
3. Галицький В. В. Система виявлення шкідливих вебсайтів на основі аналізу URL-адрес : дипломна робота бакалавра : 125 Кібербезпека / В. В. Галицький ; Хмельниц. нац. ун-т. – Хмельницький, 2025. – 71 с. <https://elar.khmnu.edu.ua/items/e76d019d-40e4-4f62-9a0a-1a3ee152fdcb>
4. Кібербезпека: збірник практичних завдань, кейсів і ситуаційних вправ : навч.-метод. посіб. / Д. Карпин, Р. Лешко, А. Карпин, Х. Войтович, Н. Гойванович. Дрогобич, 2026. 60 с. <http://ir.dsru.edu.ua/jspui/handle/123456789/8792>
5. Капелюшний В. Р., Кушніренко Н. І., Троянський О. В. Захищена система для створення та проведення опитувань. *Informatics & Mathematical Methods in Simulation / Informatika ta Matematični Metodi v Modelúvanní*. 2025. Vol. 15, no. 1. P. 71–82. DOI: 10.15276/imms.v15.no1.71.
6. Жилін А., Шевчук О. Метод аналізу фішингових повідомлень. *Information Technology and Security*. 2022. Vol. 10, no. 1. P. 72–82. DOI: 10.20535/2411-1031.2022.10.1.261176.
7. Петренко О. Я., Бондаренко В. В. Цифрові інструменти Google : навчальний посібник. Київ : ПІДО, 2022. 73 с. <https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/71d1d043-2858-4065-b778-39579a3d45e8/content>
8. Бережник Є. Ю. Порівняльний аналіз превентивного та активного захисту ПК від вірусів на основі сучасного антивірусного програмного забезпечення : кваліфікаційна робота бакалавра за спеціальністю 125 «Кібербезпека». Тернопіль : ТНТУ, 2023. 82 с. [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/41875/2/Dyplom\\_Berezhnyk\\_Y\\_Y\\_2023.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/41875/2/Dyplom_Berezhnyk_Y_Y_2023.pdf)

## **ЗАХИСТ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ У ХМАРНИХ СЕРВІСАХ**

**Коваленко Нікіта Олександрович**

здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
спеціальності F5 “Кібербезпека та захист інформації”

Навчально-науковий інститут комп’ютерних наук та штучного інтелекту  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Харків, Україна

### **Вступ**

Сучасний розвиток інформаційних технологій значною мірою пов’язаний із поширенням хмарних сервісів, які використовуються як окремими користувачами, так і підприємствами, освітніми установами, державними організаціями та міжнародними компаніями. Хмарні технології дають можливість зберігати, обробляти, передавати та резервувати дані без необхідності розміщення всієї інфраструктури на власних фізичних серверах.

До хмарних сервісів належать хмарні сховища, електронна пошта, онлайн-документи, сервіси для спільної роботи, системи керування базами даних, платформи для розробки програмного забезпечення, інструменти дистанційного навчання та корпоративні інформаційні системи. Їх використання значно спрощує доступ до інформації, однак одночасно створює нові виклики у сфері захисту персональних даних.

Персональні дані можуть включати ім’я, прізвище, електронну адресу, номер телефону, місце проживання, фінансову інформацію, медичні дані, освітні результати, службову документацію, фотографії, документи, облікові записи та іншу інформацію, яка дозволяє прямо або опосередковано ідентифікувати особу. У випадку використання хмарних сервісів така інформація часто зберігається не на локальному пристрої користувача, а на серверах провайдера, які можуть бути розташовані в різних країнах.

Саме тому питання захисту персональних даних у хмарному середовищі є актуальним для кібербезпеки, інформаційного права та цифрової культури користувачів. У рекомендаціях NIST підкреслюється, що під час переходу до публічного хмарного середовища організації повинні враховувати питання безпеки, приватності, контролю доступу, моніторингу та управління ризиками [1].

### **Основна частина**

#### **Переваги використання хмарних сервісів**

Хмарні сервіси мають низку переваг, які пояснюють їх швидке поширення. Передусім це доступність даних із різних пристроїв, можливість спільної роботи, автоматичне резервне копіювання, масштабованість ресурсів, зменшення витрат на власну інфраструктуру та швидке впровадження цифрових рішень.

Наприклад, студент може зберігати навчальні матеріали у хмарному сховищі та відкривати їх із ноутбука, смартфона або комп'ютера в університеті. Компанія може організувати роботу співробітників через корпоративні хмарні сервіси, не розгортаючи повноцінний дата-центр. Освітні установи можуть використовувати хмарні платформи для дистанційного навчання, зберігання навчальних матеріалів, обміну файлами та проведення онлайн-занять.

Однак саме така зручність часто призводить до того, що користувачі недооцінюють ризики, пов'язані з конфіденційністю, доступом до даних, налаштуваннями безпеки та відповідальністю сторін. Хмарний сервіс не можна сприймати як повністю безпечний за замовчуванням, оскільки значна частина безпеки залежить не лише від провайдера, а й від дій самого користувача.

Однією з головних особливостей хмарної моделі є розподіл відповідальності між провайдером хмарного сервісу та користувачем. Провайдер відповідає за фізичну інфраструктуру, доступність сервісу, базові механізми безпеки, захист дата-центрів, технічну підтримку та певні засоби контролю доступу. Водночас користувач або організація відповідає за правильне налаштування облікових записів, керування паролями, права доступу, класифікацію інформації, дотримання політик безпеки, резервне копіювання важливих даних та навчання персоналу [1].

### **Основні загрози для персональних даних у хмарному середовищі**

До основних загроз для персональних даних у хмарних сервісах належать несанкціонований доступ, витік інформації, фішингові атаки, викрадення облікових записів, неправильне налаштування прав доступу, шкідливе програмне забезпечення, втрата пристрою, недостатнє шифрування, помилки адміністрування та юридичні ризики, пов'язані з розміщенням даних у різних юрисдикціях.

ENISA у своїх матеріалах щодо безпеки хмарних сервісів звертає увагу на такі ризики, як програмні вразливості, мережеві атаки, соціальна інженерія, компрометація інтерфейсів керування, втрата пристроїв, залежність від постачальника та питання іноземної юрисдикції [2].

Одним із найпоширеніших шляхів отримання доступу до персональних даних у хмарі є компрометація облікового запису. Якщо зловмисник отримує логін і пароль користувача, він може переглядати файли, копіювати документи, змінювати налаштування, видаляти інформацію або використовувати обліковий запис для подальших атак. Особливо небезпечними є ситуації, коли до одного облікового запису прив'язані електронна пошта, хмарне сховище, банківські сервіси, навчальні платформи та соціальні мережі.

Фішингові атаки залишаються одним із найефективніших методів викрадення облікових даних. Зловмисники створюють підроблені сторінки входу, надсилають електронні листи від імені відомих сервісів або використовують повідомлення в месенджерах, щоб переконати користувача ввести пароль. У контексті хмарних сервісів фішинг є особливо небезпечним,

тому що користувачі звикли часто авторизуватися через браузер і можуть не помітити незначних відмінностей у домені або дизайні сторінки.

### **Багатофакторна автентифікація як засіб захисту**

Багатофакторна автентифікація є одним із найефективніших практичних засобів захисту хмарних облікових записів. Її суть полягає в тому, що для входу в систему недостатньо лише знати пароль. Користувач повинен підтвердити свою особу додатковим фактором: одноразовим кодом, мобільним застосунком, апаратним ключем, біометричним підтвердженням або push-повідомленням.

Навіть якщо пароль стане відомий зловмиснику, без другого фактора доступ до облікового запису буде значно ускладнений. Для захисту персональних даних у хмарі доцільно використовувати не лише SMS-коди, а й застосунки-автентифікатори або апаратні ключі безпеки, оскільки вони краще захищають від перехоплення та деяких видів атак.

Важливо також використовувати унікальні складні паролі для кожного сервісу. Повторне використання одного пароля в різних системах створює значний ризик, оскільки витік даних з одного ресурсу може призвести до компрометації інших облікових записів. У цьому контексті доцільним є використання менеджерів паролів, які дозволяють створювати та зберігати складні унікальні паролі.

### **Шифрування та контроль доступу до даних**

Ще одним важливим напрямом захисту є шифрування даних. Шифрування дозволяє перетворити інформацію у форму, яку неможливо прочитати без відповідного ключа. У хмарних сервісах може використовуватися шифрування даних під час передавання та під час зберігання.

Шифрування під час передавання захищає інформацію від перехоплення в мережі, наприклад під час використання публічного Wi-Fi. Шифрування під час зберігання зменшує ризики у випадку несанкціонованого доступу до серверів або носіїв інформації. Однак важливо розуміти, хто саме контролює ключі шифрування: користувач, організація чи провайдер.

Окремої уваги потребує налаштування прав доступу до файлів і папок. У хмарних сервісах користувачі можуть швидко надати доступ до документа іншим людям, створити посилання для перегляду або редагування, відкрити файл для всіх, хто має посилання, або обмежити доступ конкретними обліковими записами. Помилки в таких налаштуваннях часто стають причиною випадкового витоку персональних даних.

Наприклад, документ із персональною інформацією студентів або клієнтів може бути випадково відкритий для публічного перегляду. Тому організаціям варто впроваджувати принцип мінімальних привілеїв, за яким кожен користувач отримує лише той доступ, який необхідний для виконання його завдань.

Принцип мінімальних привілеїв є фундаментальним для захисту персональних даних у хмарі. Його практична реалізація передбачає регулярний перегляд прав доступу, видалення неактуальних користувачів, обмеження

адміністративних прав, поділ ролей, використання груп доступу та ведення журналів активності.

### **Резервне копіювання та моніторинг активності**

Не менш важливим є резервне копіювання. Багато користувачів вважають, що хмара автоматично вирішує проблему втрати даних. Проте хмарний сервіс не завжди захищає від випадкового видалення, шифрувальників, помилок синхронізації або дій зловмисника, який отримав доступ до облікового запису.

Тому критично важливі персональні дані мають зберігатися за правилом резервування: одна копія в основному середовищі, додаткова копія в іншому сховищі та, за потреби, офлайн-копія. Для організацій доцільно використовувати політики резервного копіювання, контроль версій файлів і регулярну перевірку можливості відновлення даних.

Важливим елементом захисту є журналювання та моніторинг активності. Хмарні сервіси часто надають можливість переглядати історію входів, зміни файлів, надання доступу, завантаження документів, підключення нових пристроїв та інші події. Для звичайного користувача це може бути способом виявити підозрілу активність, наприклад вхід із невідомої країни або пристрою.

Для організації журнали активності мають ще більше значення, оскільки дозволяють розслідувати інциденти, визначати джерело витоку, контролювати дії адміністраторів і підтверджувати дотримання політик безпеки.

### **Правові аспекти захисту персональних даних**

Правовий аспект захисту персональних даних у хмарних сервісах особливо важливий для країн Європейського Союзу та організацій, які працюють із даними громадян ЄС. Загальний регламент захисту даних, відомий як GDPR, встановлює вимоги до обробки персональних даних, зокрема принципи законності, прозорості, обмеження мети, мінімізації даних, точності, обмеження строку зберігання, цілісності та конфіденційності [3].

У контексті хмарних сервісів це означає, що організація повинна чітко розуміти, які персональні дані вона зберігає, з якою метою, хто має до них доступ, де вони фізично або юридично обробляються, як довго зберігаються та як можуть бути видалені на вимогу суб'єкта даних.

Одним із ключових принципів GDPR є мінімізація даних. Це означає, що не слід збирати та зберігати більше персональної інформації, ніж потрібно для конкретної мети. У хмарному середовищі цей принцип має практичне значення, оскільки користувачі часто зберігають у хмарі велику кількість документів без систематизації та без визначення строків зберігання.

Проблема юрисдикції є однією з найскладніших у хмарних сервісах. Дані можуть фізично зберігатися в дата-центрах різних країн, а провайдер може підпорядковуватися законодавству країни своєї реєстрації. Це створює питання щодо того, які правові норми застосовуються до персональних даних і які органи можуть отримати до них доступ у певних випадках [2].

### **Роль користувачів у забезпеченні безпеки хмарних сервісів**

Особливу роль у захисті персональних даних відіграє поведінка користувачів. Багато інцидентів виникає не через складні технічні атаки, а через неухважність, незнання або нехтування базовими правилами безпеки. Наприклад, користувач може випадково надіслати посилання на документ не тій людині, залишити відкритий доступ до папки, використати простий пароль або підтвердити вхід у фішинговому вікні.

Для звичайного користувача базова модель захисту персональних даних у хмарі може включати кілька практичних правил. По-перше, слід використовувати унікальні складні паролі для кожного сервісу. По-друге, необхідно вмикати багатофакторну автентифікацію. По-третє, потрібно регулярно перевіряти, кому відкритий доступ до файлів. По-четверте, не варто зберігати в хмарі зайві копії паспортів, фінансових документів або інших чутливих матеріалів без додаткового захисту. По-п'яте, необхідно перевіряти активні сесії та виходити з облікового запису на чужих пристроях.

Для організацій захист персональних даних у хмарних сервісах має бути більш формалізованим. Необхідно створити політику використання хмарних сервісів, визначити дозволені платформи, встановити правила класифікації даних, призначити відповідальних осіб, налаштувати централізоване керування обліковими записами, впровадити багатофакторну автентифікацію, проводити аудит доступів, навчати працівників і мати план реагування на інциденти.

Cloud Security Alliance у сучасних рекомендаціях розглядає хмарну безпеку як комплексну сферу, яка охоплює управління ризиками, ідентифікацію, контроль доступу, захист даних, безпеку інфраструктури, реагування на інциденти та інші напрями [4]. Це означає, що захист персональних даних не може обмежуватися лише встановленням пароля або вибором відомого сервісу. Необхідний системний підхід.

### **Висновки**

Отже, захист персональних даних у хмарних сервісах є комплексною проблемою, яка поєднує технічні, організаційні, правові та людські аспекти. Хмарні технології створюють значні можливості для зручного зберігання та обробки інформації, але водночас підвищують вимоги до кібербезпеки.

Основними заходами захисту є використання сильних паролів, багатофакторної автентифікації, шифрування, резервного копіювання, правильного налаштування доступу, моніторингу активності, оцінки ризиків і дотримання вимог законодавства про персональні дані. Для організацій важливо не лише обрати надійного хмарного провайдера, але й правильно організувати внутрішні процеси роботи з даними.

Для окремих користувачів ключовим чинником залишається цифрова грамотність і розуміння власної відповідальності за безпеку інформації. Саме користувач часто є найслабшою ланкою в системі захисту, тому навчання, кібергігієна та уважне ставлення до власних даних мають важливе значення.

Таким чином, ефективний захист персональних даних у хмарних сервісах можливий лише за умови поєднання сучасних технологічних рішень, правового регулювання та культури безпечного користування цифровими сервісами. У майбутньому роль хмарних технологій буде лише зростати, тому питання конфіденційності, контролю доступу, прозорості обробки даних і кібергігієни залишатимуться одними з ключових напрямів розвитку інформаційної безпеки.

### Список літератури

1. Jansen W., Grance T. Guidelines on Security and Privacy in Public Cloud Computing. NIST Special Publication 800-144. National Institute of Standards and Technology, 2011. URL: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-144.pdf>
2. European Union Agency for Network and Information Security. Cloud Security Guide for SMEs: Cloud computing security risks and opportunities for SMEs. ENISA, 2015. URL: <https://www.enisa.europa.eu/sites/default/files/publications/Cloud%20Security%20Guide%20for%20SMEs.pdf>
3. European Commission. Legal framework of EU data protection. General Data Protection Regulation and related data protection rules. URL: [https://commission.europa.eu/law/law-topic/data-protection/legal-framework-eu-data-protection\\_en](https://commission.europa.eu/law/law-topic/data-protection/legal-framework-eu-data-protection_en)
4. Cloud Security Alliance. Security Guidance for Cloud Computing v5. Cloud Security Alliance, 2024. URL: <https://cloudsecurityalliance.org/artifacts/security-guidance-v5>

# ФІШИНГ ЯК ЗАГРОЗА ІНФОРМАЦІЙНІЙ БЕЗПЕЦІ: МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ТА ЗАХИСТУ

**Колодяжний Антон Юрійович**

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

## **Вступ:**

Фішинг є одним із найпоширеніших видів кібератак, що ґрунтується на методах соціальної інженерії [1,2]. Зловмисники імітують легітимні веб-сайти, електронні листи або повідомлення з метою виманювання конфіденційних даних: паролів, номерів банківських карток та персональної інформації. За даними міжнародних організацій з кібербезпеки, фішинг щороку завдає збитків на мільярди доларів як приватним особам, так і корпораціям.

Мета роботи — проаналізувати основні різновиди фішингових атак, розглянути сучасні методи їх виявлення та надати практичні рекомендації щодо захисту користувачів і організацій.

Завдання роботи: класифікувати типи фішингових атак; описати технічні та організаційні методи виявлення фішингу; сформулювати рекомендації щодо захисту; порівняти ефективність різних засобів протидії.

## **1. Класифікація фішингових атак**

### **1.1 Основні різновиди фішингу**

Фішинг як явище охоплює кілька ключових різновидів [1,3]. Email-фішинг — масові розсилки електронних листів, що імітують банки, державні органи або популярні сервіси. Spear-фішинг — цільові атаки на конкретну особу чи організацію з персоналізованим змістом. Smishing та vishing — аналогічні атаки через SMS та голосові дзвінки відповідно. Pharming — перенаправлення на підроблений сайт через маніпуляцію з DNS або файлом hosts.

**Таблиця 1 - Порівняння різновидів фішингових атак**

<b>Різнovid</b>	<b>Канал</b>	<b>Цільова аудиторія</b>	<b>Типова мета</b>
Email-фішинг	Електронна пошта	Масова аудиторія	Паролі, дані карток
Spear-фішинг	Email / месенджери	Конкретна особа/організація	Корпоративні дані
Smishing	SMS	Користувачі мобільних	Банківські дані
Vishing	Голосовий дзвінок	Клієнти банків	PIN-коди, паролі
Pharming	DNS / браузер	Широка аудиторія	Облікові записи

Джерело: складено автором

## 1.2 Технічні ознаки фішингових ресурсів

Фішингові ресурси мають характерні технічні ознаки, що дозволяють їх ідентифікувати [2,4]. Серед них: схожі, але відмінні доменні імена (typosquatting); відсутність або самопідписаний TLS-сертифікат; приховані переадресації (redirect chains); підроблені заголовки електронних листів (From, Reply-To); використання сервісів скорочення URL для маскуванню справжнього посилання.

## 2. Методи виявлення та захисту

### 2.1 Технічні методи виявлення

Технічний захист від фішингу реалізується на кількох рівнях [3,4]. На рівні електронної пошти застосовуються протоколи автентифікації: SPF (Sender Policy Framework), DKIM (DomainKeys Identified Mail) та DMARC (Domain-based Message Authentication, Reporting and Conformance). SPF перевіряє, чи дозволено серверу-відправнику надсилати листи від імені домену; DKIM забезпечує цифровий підпис повідомлення; DMARC визначає політику обробки листів, що не пройшли перевірку.

На рівні браузера та мережі використовуються: списки заблокованих фішингових доменів (Google Safe Browsing, Microsoft SmartScreen); системи перевірки репутації URL; фільтрація DNS-запитів. Антифішингові модулі вбудовано у сучасні браузери та поштові клієнти [3].

**Таблиця 2 - Порівняння методів захисту від фішингу**

Метод	Рівень захисту	Ефективність	Складність впровадження
SPF / DKIM / DMARC	Поштовий сервер	Висока	Середня
Антифішингові фільтри браузера	Клієнтський	Середня	Низька
Двофакторна автентифікація	Обліковий запис	Дуже висока	Низька
DNS-фільтрація	Мережевий	Середня	Середня
Навчання користувачів	Організаційний	Висока	Низька

Джерело: складено автором

### 2.2 Організаційні заходи та навчання користувачів

Технічні засоби захисту є необхідними, але недостатніми без відповідної обізнаності користувачів [2,5]. Основні організаційні заходи включають: регулярне навчання співробітників розпізнавати ознаки фішингових повідомлень; проведення симульованих фішингових атак для оцінки рівня готовності; впровадження чітких процедур реагування на підозрілі листи; обов'язкове використання двофакторної автентифікації (2FA) для критичних облікових записів.

Симульовані фішингові кампанії (phishing simulations) дозволяють організаціям виявляти найбільш вразливих співробітників та цілеспрямовано підвищувати їхню обізнаність. Дослідження показують, що регулярне навчання знижує частку «жертв» симуляцій з 30–40% до менш ніж 5% упродовж одного року [5].

#### **Висновки:**

У роботі розглянуто фішинг як одну з провідних загроз інформаційній безпеці. Проаналізовано п'ять основних різновидів фішингових атак: email-фішинг, spear-фішинг, smishing, vishing та pharming. Описано технічні ознаки фішингових ресурсів та механізми протоколів SPF, DKIM і DMARC [3,4], що є базовими інструментами захисту поштової інфраструктури.

Показано, що найефективнішим підходом є поєднання технічних засобів із систематичним навчанням користувачів [2,5]. Двофакторна автентифікація та DNS-фільтрація суттєво знижують ризики компрометації облікових записів навіть у разі успішної фішингової атаки. Результати аналізу підтверджують, що комплексний підхід до захисту дозволяє значно зменшити кількість інцидентів інформаційної безпеки, пов'язаних із фішингом.

#### **Список літератури**

1. Hadnagy C. Social Engineering: The Science of Human Hacking. 2nd ed. — Wiley, 2018. — 320 p.
2. Anti-Phishing Working Group (APWG). Phishing Activity Trends Report. — <https://apwg.org/trendsreports/> (дата звернення: 05.05.2025).
3. Kucherawy M., Zwicky E. RFC 7489: Domain-based Message Authentication, Reporting, and Conformance (DMARC). — IETF, 2015. — <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc7489> (дата звернення: 05.05.2025).
4. OWASP Foundation. Phishing Prevention Cheat Sheet. — [https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/Phishing\\_Prevention\\_Cheat\\_Sheet.html](https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/Phishing_Prevention_Cheat_Sheet.html) (дата звернення: 05.05.2025).
5. Proofpoint Inc. State of the Phish 2024 Report. — <https://www.proofpoint.com/us/resources/threat-reports/state-of-phish> (дата звернення: 05.05.2025).

## **UEFI-РУТКІТИ: ПРИХОВАНІ ЗАГРОЗИ НА РІВНІ ПРОШИВКИ ТА МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ І ПРОТИДІЇ**

**Мельник Максим Євгенович**

здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 125 «Кібербезпека та захист інформації»

Навчально-науковий інститут комп'ютерних наук та штучного інтелекту  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Харків, Україна

Традиційні руткіти приховують свою присутність на рівні операційної системи, і фахівці давно навчилися їх виявляти: достатньо перевстановити ОС або замінити жорсткий диск. Проте існує клас шкідливого програмного забезпечення, що функціонує значно глибше — на рівні вбудованого програмного забезпечення комп'ютера. UEFI-руткіти (Unified Extensible Firmware Interface rootkits) вбудовуються безпосередньо у прошивку материнської плати, яка зберігається у мікросхемі SPI Flash ємністю кілька мегабайт і виконується ще до завантаження операційної системи. Жодне антивірусне сканування диска, жодне перевстановлення Windows або Linux, навіть повна заміна жорсткого диска чи SSD не здатні усунути таку загрозу [1].

Практична реалізація UEFI-руткітів довгий час вважалася надто складною для більшості зловмисників і лишалася в теоретичних дослідженнях. Відкриття у 2018 році руткіту LoJax у реальних атаках угруповання APT28 (Fancy Bear) зламало цю ілюзію: стало відомо, що державні АРТ-групи вже кілька років активно використовують цей вектор у шпигунських операціях [2]. Відтоді щороку виявляють нові зразки UEFI-шкідників, а у 2023 році з'явився перший комерційний UEFI-буткіт BlackLotus, що вільно продавався у даркнеті за 5000 доларів.

Актуальність дослідження визначається унікальністю поєднання скритності та стійкості цих загроз: UEFI-руткіт, одного разу встановлений на пристрій, фактично забезпечує зловмиснику необмежений і непомітний доступ протягом усього строку служби обладнання. Мета роботи — систематизувати відомі UEFI-руткіти, дослідити механізми їхньої роботи та оцінити наявні засоби захисту.

### **Архітектура UEFI та поверхня атаки**

UEFI — це стандарт інтерфейсу між прошивкою і операційною системою, що прийшов на зміну класичному BIOS у 2000-х роках. На відміну від BIOS, UEFI є повноцінним модульним середовищем виконання з власними драйверами (DXE-drivers), протоколами, мережевим стеком і навіть графічним інтерфейсом. Усі ці компоненти зберігаються у мікросхемі SPI NOR Flash, яка підключена до материнської плати і, як правило, не захищена механічно від перепрошивки [3].

Послідовність завантаження UEFI охоплює декілька фаз: SEC (Security), PEI (Pre-EFI Initialization), DXE (Driver Execution Environment), BDS (Boot Device

Select) і TSL (Transient System Load), після якої управління передається завантажувачу ОС. Кожна з цих фаз є потенційною точкою впровадження: зловмисник може додати власний DXE-драйвер, модифікувати наявний або перехопити точки входу критичних системних сервісів. Механізм Secure Boot, введений для захисту від несанкціонованого коду, перевіряє лише підписи завантажувача і ядра ОС, але не гарантує цілісності самих DXE-драйверів у SPI Flash [4].

Для модифікації SPI Flash зловмисник може скористатися кількома векторами. По-перше, програмний запис через SMM (System Management Mode) — привілейований режим процесора, що виконується у прихованій пам'яті SMRAM і має повний доступ до апаратних ресурсів, у тому числі до контролера SPI. По-друге, фізичний доступ до пристрою (так звана атака «Зла покоївка», Evil Maid): зловмисник підключається до мікросхеми Flash програматором, поки жертва залишила ноутбук без нагляду. По-третє, компрометація ланцюжка постачання — модифікація прошивки ще на заводі або при транспортуванні обладнання.

#### **Відомі UEFI-руткіти та їх порівняльна характеристика**

За останні шість років дослідники виявили низку UEFI-руткітів, що застосовувалися у реальних кібератаках. Таблиця 1 узагальнює найбільш значущі зразки.

**Таблиця 1 — Порівняльна характеристика відомих UEFI-руткітів**

Назва	Рік	APT-група	Метод персистентності	Вектор зараження
LoJax	2018	APT28	Модифікація SPI Flash	Скомпрометоване ПЗ
MosaicRegressor	2019	Nexus Panda	Заміна UEFI DXE-драйвера	Фізичний доступ / Evil Maid
ESPecter	2021	Невідома	Патч завантажувача ESP	Локальний доступ
CosmicStrand	2022	Китайська APT	Перехоплення ланцюжка Crt0	Ланцюжок постачання
BlackLotus	2023	Кримінальна	Обхід Secure Boot UEFI	Продаж у даркнеті

Особливої уваги заслуговує руткіт CosmicStrand (2022), детально проаналізований дослідниками компанії Qihoo 360 Threat Intelligence Center. Він модифікував UEFI-прошивку безпосередньо на рівні стиснутих PE-модулів всередині образу Flash, перехоплюючи функцію ініціалізації середовища виконання (Crt0). Завдяки цьому шкідливий код активувався ще до завантаження будь-яких DXE-драйверів і залишався абсолютно невидимим для всіх відомих

засобів безпеки. Аналіз зразків показав, що CosmicStrand присутній у прошивках для материнських плат ASUS і Gigabyte на чіпсеті H81, а зараження відбулося ще на ранніх етапах ланцюжка постачання [5].

Руткіт BlackLotus (2023) став переломним моментом: це перший у відкритих джерелах UEFI-руткіт, здатний обходити Secure Boot на повністю оновлених системах Windows 11, використовуючи вразливість CVE-2022-21894 (Baton Drop). Це означає, що навіть комп'ютер із правильно налаштованим Secure Boot і актуальними оновленнями може бути скомпрометований. ESET, що виявила і дослідила BlackLotus, підкреслила: наявність комерційного UEFI-руткіта на ринку кіберзброї свідчить про принципову зміну ландшафту загроз [6].

### **Механізм персистентності та техніки приховування**

Після успішного впровадження UEFI-руткіт забезпечує власне збереження і виконання через кілька механізмів. Найпоширенішим є реєстрація власного DXE-драйвера: руткіт додає підписаний або непідписаний (якщо Secure Boot відключено) PE-модуль до образу Flash і вносить запис про нього до таблиці FFS (Firmware File System). При наступному завантаженні UEFI-середовище автоматично завантажує і виконує цей драйвер, що встановлює «гачки» (hooks) на системні сервіси UEFI ще до передачі управління ОС [7].

Технічно більш складним, але і більш стійким є метод патчингу наявних легітимних DXE-модулів. Зловмисник вбудовує невеликий шелкод безпосередньо у тіло стандартного драйвера (наприклад, DxeCore або SmmBase2), замінюючи кілька байт на стрибок до власного коду. Такий підхід не залишає слідів у вигляді нових записів у FFS і набагато складніше виявляється при порівнянні образу Flash з еталоном [3].

Для взаємодії з ОС після завантаження UEFI-руткіти, як правило, реалізують один з двох підходів: або впроваджують шкідливий драйвер ядра (kernel driver) на ранньому етапі завантаження Windows (фаза Early Launch), або використовують механізм UEFI Variables — енергонезалежних змінних, що зберігаються у захищеній частині Flash — для передачі команд між прошивкою і шкідливим кодом в ОС. Другий підхід є особливо витонченим: змінна UEFI не видна стандартними засобами моніторингу файлової системи і доступна навіть без прав адміністратора за умови знання її GUID [4].

### **Засоби виявлення та протидії**

Виявлення UEFI-руткітів є значно складнішим завданням, ніж виявлення традиційного шкідливого ПЗ, оскільки інфікований компонент функціонує до завантаження антивірусних механізмів і здатний приховувати власну присутність, модифікуючи результати системних викликів. Найнадійнішим методом є зовнішнє читання SPI Flash за допомогою апаратного програматора і порівняння отриманого образу з еталоном від виробника материнської плати. Проте цей підхід вимагає фізичного доступу до пристрою і є непрактичним для масового використання [8].

Програмний підхід реалізований у інструменті chipsec, розробленому Intel: він дозволяє зчитувати образ Flash через SMM-інтерфейс, перевіряти цілісність UEFI-модулів і виявляти аномалії конфігурації захисних регістрів (PRR — Protected Range Registers). Однак якщо руткіт перехопив SMM-сервіси, результати chipsec можуть бути підроблені. Більш захищеним є використання технології Intel Boot Guard, яка апаратно перевіряє підпис Initial Boot Block (IBB) ще до виконання будь-якого коду і унеможливорює модифікацію цього блоку навіть через фізичну перепрошивку — за умови, що виробник увімкнув цю функцію та «запалив» відповідні OTP-fuses [9].

На організаційному рівні критично важливим заходом є увімкнення Secure Boot у режимі Custom, вимкнення функцій DMA до завантаження ОС, регулярне оновлення прошивки від виробника і використання функції «відновлення до заводських налаштувань» при передачі обладнання між співробітниками. Для корпоративного сектору стандарт NIST SP 800-147В визначає вимоги до захисту BIOS/UEFI у серверних системах, а специфікація Microsoft «Secured-core PC» вимагає обов'язкової підтримки Intel Boot Guard та динамічного кореня довіри (DRTM) для сертифікованих пристроїв [10].

### **Висновки:**

UEFI-руткіти є одними з найбільш небезпечних і водночас найменш досліджених загроз сучасної кібербезпеки. Їхня сила полягає не в складності алгоритмів, а в позиції в архітектурі платформи: код, що виконується до завантаження операційної системи, апріорі знаходиться поза зоною контролю будь-яких програмних засобів захисту.

Перехід від інструментів державних АРТ-груп до комерційних продуктів на ринку кіберзброї (BlackLotus, 2023) свідчить про те, що UEFI-атаки більше не є виключною прерогативою спецслужб — вони стають доступними для кіберзлочинців і зловмисників середнього рівня. Це вимагає від виробників обладнання ширшого впровадження апаратних механізмів захисту (Boot Guard, DRTM), від розробників ОС — вдосконалення механізмів Secure Boot, а від корпоративних служб безпеки — включення моніторингу цілісності прошивки до стандартних процедур реагування на інциденти. Дослідження методів виявлення UEFI-руткітів без фізичного доступу до Flash-мікросхеми залишається відкритою науковою проблемою.

### **Список літератури**

1. Matrosov A., Rodionov E., Bratus S. Rootkits and Bootkits: Reversing Modern Malware and Next Generation Threats. – San Francisco. 2019. – 448 p.
2. Eset Research. LoJax: First UEFI Rootkit Found in the Wild, Courtesy of the Sednit Group. White Paper. – Bratislava : ESET, 2018. – 47 p.
3. Bulygin Y., Furtak A., Bazhaniuk O. A Tale of One Software Bypass of Windows 8 Secure Boot. USA 2013. – Las Vegas : Black Hat, 2013.
4. Wecherowski P. A Real SMM Rootkit: Reversing and Hooking BIOS SMI Handlers. Journal in Computer Virology. – 2009. – Vol. 5, No. 3. – P. 211–225.

5. Qihoo 360 Threat Intelligence Center. CosmicStrand: In-Depth Technical Analysis of a UEFI Implant Targeting Chinese Users. – Beijing : Qihoo 360, 2022.
6. Smolár M., ESET Research. BlackLotus UEFI Bootkit: Myth Confirmed. – Bratislava : ESET, 2023.
7. Zimmer V., Rothman M., Marisetty S. Beyond BIOS: Developing with the Unified Extensible Firmware Interface. 3rd ed. – Hillsboro : Intel Press, 2017. – 374 p.
8. Caudill A., Butterworth J. BIOS Chronomancy: Fixing the Core Root of Trust for Measurement. Berlin : ACM, 2013. – P. 1221–1232.
9. Intel Corporation. Boot Guard Technology Overview. Platform Security White Paper. – Santa Clara : Intel, 2021. – 22 p.
10. NIST. BIOS Protection Guidelines for Servers. Special Publication 800-147B. – Gaithersburg : National Institute of Standards and Technology, 2014. – 38 p.

## **ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ГІДРОГЕЛІВ У ПАРОДОНТОЛОГІЇ**

**Сулим Юрій Васильович,**

Кандидат медичних наук, доцент  
кафедри терапевтичної стоматології  
Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького

**Петришин Ольга Андріївна**

Кандидат медичних наук, доцент  
кафедри терапевтичної стоматології  
Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького

**Бучковська Анна Юріївна**

Кандидат медичних наук, доцент  
кафедри терапевтичної стоматології  
Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького

Традиційна терапія пародонтиту передбачає як нехірургічні так і хірургічні багатокомпонентні процедури, спрямовані на зменшення запалення, блокування інфекції та відновлення здорової тканини ясен [1]. Запровадження інноваційних біоматеріалів є вкрай необхідним для вирішення проблем, пов'язаних з регенерацією та лікуванням органів порожнини рота та щелепно-лицевої ділянки, оскільки традиційні методи лікування пародонтиту мають численні обмеження [2]. Гідрогелі – це тривимірні мережі зшитих гідрофільних полімерів з надзвичайною пористістю, в'язкопружністю, гідрофільністю та біосумісністю, що дозволяє їм поглинати величезну кількість води, зберігаючи при цьому свою нерозчинну структуру [3]. Гідрогелі знайшли широке застосування для різноманітних біомедичних цілей, таких як доставка ліків, створення каркасів для тканинної інженерії, інкапсуляції клітин, білків та інших біомолекул, а також антимікробних та інших препаратів. Гідрогелі – це новий перспективний клас біоматеріалів у стоматології, які можуть бути використані для доставки ліків, для регенерації зубних тканин, а також для іммобілізації антибактеріальних засобів, для контролю за біоплівкою при патології пародонта [4–15].

У розробці систем доставки лікарських засобів гідрогелі займають важливе місце завдяки своїй особливій здатності до контрольованого вивільнення лікарських засобів, оскільки вони здатні реагувати на різні біохімічні стимули [16]. Розумні гідрогелі можуть бути сконструйовані таким чином, щоб адаптувати свої фізико-хімічні властивості у відповідь на сигнали навколишнього середовища, сприяючи таким чином стабільному і регульованому вивільненню терапевтичних препаратів [17]. Крім того, гідрогелі можуть також підтримувати контрольоване вивільнення лікарських засобів, при якому швидкість доставки ліків регулюється дифузією лікарського засобу через

гідрогелеву матрицю [18,19]. На механізм дифузії впливає кілька факторів, включаючи склад гідрогелю, ступінь зшивання, кількість води та взаємодія лікарського засобу з полімером. Ця властивість робить гідрогелі придатними для різноманітних терапевтичних застосувань [20,21]. Крім того, гідрогелі контролюють вивільнення лікарських засобів шляхом деградації полімерної мережі та взаємодії з імобілізованими препаратами [22,23]. Склад полімеру і методи зшивання є ключовими факторами в розробці гідрогелів зі специфічними характеристиками вивільнення лікарських засобів [19,22]. Співвідношення зшиваючих речовин може мати значний вплив на вивільнення лікарських засобів з гідрогелів. Ці змінні в сукупності впливають на швидкість і спосіб вивільнення лікарських засобів, що дозволяє розробити гідрогелі, які можуть бути використані для цільових і довготривалих систем доставки ліків [24].

Гідрогелі стали перспективним методом лікування пародонтиту завдяки своїй здатності ефективно доставляти антимікробні препарати. Попередні дослідження продемонстрували, що вони можуть слугувати носіями різних антимікробних агентів і виявляти антимікробну дію проти мікроорганізмів, відповідальних за розвиток пародонтиту [25,26]. Тимол-хітозанові гідрогелі показали антибактеріальну активність щодо *S. aureus* та *S. mutans*. В іншому дослідженні целюлозні нановолокна та наночастинки олігосахариду к-карагенану були використані для створення гідрогелів з високою термостабільністю, контрольованим вивільненням та винятковою водопоглинальною здатністю. Ці гідрогелі були використані як носії антибактеріальних молекул сурфактину та гербмедоцину. Гідрогелева система була ефективною проти *Streptococcus mutans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Fusobacterium nucleatum* та *Pseudomonas aeruginosa* шляхом пригнічення утворення біоплівки та зниження метаболічної активності цих бактерій [25]. Розробка ін'єкційного гідрогелю, який реагує на активні форми кисню (АФК), наповненого макрофагами та антагоністом рецепторів комплементу C5a, продемонструвала значну антибактеріальну активність проти *Porphyromonas gingivalis*. Цей гідрогель призводив до поглинання бактерій активованими макрофагами. *Porphyromonas gingivalis* сприяє надмірному виробленню комплементу C5a, що може призвести до запалення та пошкодження тканин. Блокуючи зв'язування C5a з його рецептором, антагоніст рецептора комплементу C5a у складі гідрогелю допомагає зменшити запалення та пошкодження тканин [89]. Таким чином, гідрогелі можна вважати перспективним засобом для цілеспрямованої антимікробної активності проти ключових мікроорганізмів, причетних до прогресування пародонтиту. Досягнення в технологіях гідрогелів для транспорту природних антимікробних агентів відкрили нові шляхи для покращення пародонтальної терапії [27,28].

Гідрогелі відіграють життєво важливу роль у таргетній терапії через гідрофільну природу їхніх полімерів, що сприяє точному розміщенню та утриманню регенеративних матеріалів у місці пошкодження [29]. Крім того, гідрогелеві полімери, що мають здатність до самовідновлення та стійкі властивості вивільнення лікарських засобів, продемонстрували значне

покращення регенерації пародонту [30]. Крім того, "розумні" гідрогелі, які реагують на зміни навколишнього середовища в порожнині рота, продемонстрували інноваційні досягнення в пародонтологічній терапії [31]. Як повідомляється, гідрогель хітозан/ $\beta$ -гліцерофосфат натрію, навантажений еритропоетином і FK506, ефективно відновлює цілісність тканин пародонту та активно регенерує альвеолярну кістку [32]. Використання біополімерних каркасних гідрогелів є важливою стратегією для лікування пародонтиту, оскільки вони сприяють адгезії, проліферації та диференціації клітин. Наночастинки у біополімерних гідрогелях підвищують стабільність і сприяють регенерації тканин [33,34]. Крім того, комбінація наноматеріалів зі стовбуровими клітинами, такими як стовбурові клітини пародонтальної зв'язки, була запропонована як потенційний підхід до регенерації кісткової тканини і тканин пародонта. Цей підхід використовує переваги кумулятивного ефекту застосування каркасів і клітинних компонентів [35]. Гідрогелі полегшують природний процес загоєння під час відновлення після пародонтиту, забезпечуючи каркас для факторів росту, що запобігає їх швидкій деградації та забезпечує контрольоване вивільнення [36,37]. Есенціальні біомолекули, такі як кістковий морфогенетичний білок-2 (BMP-2), відіграють вирішальну роль у регенерації тканин, а полі(фосфорорганічний) гідрогелевий каркас продемонстрував контрольоване вивільнення BMP-2 і трансформуючий фактор росту бета-1 (TGF $\beta$ -1), демонструючи здатність гідрогелів переносити декілька факторів росту одночасно [38,39].

### Список літератури

1. Periodontology at a Glance V Clerehugh, A Tugnait, MR Milward, ILC Chapple - 2024 - books.google.com
2. Atia GAN, Shalaby HK, Ali NG, Morsy SM, Ghobashy MM, Attia HAN, et al. New challenges and prospective applications of three-dimensional bioactive polymeric hydrogels in oral and craniofacial tissue engineering: a narrative review. *Pharmaceuticals* 2023;16:702.
3. Kasai RD, Radhika D, Archana S, Shanavaz H, Koutavarapu R, Lee D-Y, et al. A review on hydrogels classification and recent developments in biomedical applications. *Int J Polym Mater Polym Biomater* 2023;72:1059–69.
4. Сулим Ю. В. Використання композиції з хондроїтинсульфатом у лікуванні пародонтитів Abstracts of VI International Scientific and Practical Conference. SH SCW "NEW ROUTE" Athens, Greece. 2020. Pp. 202-205. <http://isg-konf.com>.
5. Сулим Ю.В., Петришин О.А. Перспективи застосування лікувальних засобів тривалої дії у терапії пародонтитів // Theoretical foundations for the implementation and adaptation of scientific achievements in practice. Abstracts of XXII International Scientific and Practical Conference. Helsinki, Finland 2020. Pp. 271 – 274. <http://isg-konf.com>.
6. Sulym Y., Petryshyn O. Use of the local drug delivery systems with antibiotics in the therapy of periodontitis. Review // Trends and directions of development of scientific approaches and prospects of integration of Internet technologies into society.

Abstracts of VI International Scientific and Practical Conference. Stockholm, Sweden 2021. Pp. 278-282. . DOI: 10.46299/ISG.2021.I.VI URL: <https://isg-konf.com>

7. Сулим Ю.В. Застосування медикаментозних засобів тривалої дії для лікування пародонтита / Ю.В. Сулим, О.А. Петришин // Сучасна стоматологія. – 2021. – №1. – С. 48 – 54

8. Сулим Ю.В., Петришин О.А. Досвід застосування композицій з метилметіонінсульфонію хлоридом для лікування пародонтитів // Modern innovations and promising ways of development of culture and science. Proceedings of the XXXI International Scientific and Practical Conference. Boston, USA. 2022. Pp. 143-146. DOI – 10.46299/ISG.2022.1.31

9. Сулим Ю.В., Петришин О.А. Застосування препаратів метронідазолу у лікуванні пародонтитів // Multidisciplinary academic research and innovation. Abstracts of XXVII International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands. 2021. Pp. 323-325. DOI: 10.46299/ISG.2021.I.XXVII URL: <https://isg-konf.com>

10. Сулим Ю.В., Петришин О.А. Порівняльна оцінка біоматеріалів для регенерації пародонту. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference. Stockholm, Sweden. 2023. Pp. 335-340. DOI – 10.46299/ISG.2023.1.5

11. Сулим Ю.В., Петришин О.А. Використання методів тканинної інженерії для регенерації пародонту. Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference. Florence, Italy. 2023. Pp. 192-197. DOI – 10.46299/ISG.2023.1.12

12. Сулим Ю.В., Петришин О.А., Бучковська А.Ю. Використання методів тканинної інженерії для регенерації періодонту. Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference. Paris, France. 2024. Pp. 202-205. DOI – 10.46299/ISG.2024.1.7

13. Сулим Ю.В., Петришин О.А., Бучковська А.Ю. Застосування методів тканинної інженерії для регенерації альвеолярної кістки та цементу. Proceedings of the XX International Scientific and Practical Conference. Oslo, Norway. 2024. Pp. 167-171. DOI – 10.46299/ISG.2024.1.20

14. Сулим Ю.В., Петришин О.А. Багатокомпонентні системи доставки препаратів у лікуванні пародонтиту. Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference. Prague, Czech Republic. 2023. Pp. 292-296. ISBN – 979-8-88955-327-4 DOI – 10.46299/ISG.2023.1.16

15. Lee Y, Gou Y, Pan X, Gu Z, Xie H. Advances of multifunctional hydrogels for periodontal disease. Smart Mater Med 2023;4:460–7. <https://doi.org/10.1016/j.smam.2023.02.001>.

16. Jalababu R, Reddy MK, Reddy KVNS, Rao KSVK. Hydrogels as smart drug delivery systems: recent advances. Smart Nanomater Biomed Appl 2021: 173–201. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-84262-8\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-84262-8_7).

17. Bordbar-Khiabani A, Gasik M. Smart hydrogels for advanced drug delivery systems. Int J Mol Sci 2022;23:3665.

18. Yan S, Yin J, Tang L, Chen X. Novel physically crosslinked hydrogels of carboxymethyl chitosan and cellulose ethers: structure and controlled drug release behavior. *J Appl Polym Sci* 2011;119:2350–8.
19. del Olmo JA, Martínez VS, Gonz'alez RP, Alonso JM. Sustained drug release from biopolymer-based hydrogels and hydrogel coatings. *Hydrogels- Tradit Innov Platf Mult Appl* 2022.
20. Rathna G, Chatterji P. Controlled drug release from gelatin-sodium carboxymethylcellulose interpenetrating polymer networks. *J Macromol Sci, Part A* 2003;40:629–39.
21. Wu D-Q, Chu C-C. Biodegradable hydrophobic–hydrophilic hybrid hydrogels: swelling behavior and controlled drug release. *J Biomater Sci, Polym Ed* 2008;19:411–29.
22. García L, Aguilar MR, Rom'an JS. Biodegradable hydrogels for controlled drug release. *Biomed Appl Hydrogels Handb* 2010:147–55.
23. Zhong T, Jiang Z, Wang P, Bie S, Zhang F, Zuo B. Silk fibroin/copolymer composite hydrogels for the controlled and sustained release of hydrophobic/hydrophilic drugs. *Int J Pharm* 2015;494:264–70.
24. Pholpabu P., Somharnwong P., Huaybun N., Cherdbaramee C., Boonpasart V., Komchum L., et al. Controlled Release of Dual Antibacterial Drug from Composite Hydrogels. 2019 12th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON) n.d.:1–5.
25. Johnson A, Kong F, Miao S, Lin H-TV, Thomas S, Huang Y-C, et al. Therapeutic effects of antibiotics loaded cellulose nanofiber and  $\kappa$ -carrageenan oligosaccharide composite hydrogels for periodontitis treatment. *Sci Rep* 2020; 10:18037. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74845-9>.
26. Pota's J, Wach RA, Rokita B, Wr'oblewska M, Winnicka K. Evaluation of the impact of tragacanth/xanthan gum interpolymer complexation with chitosan on pharmaceutical performance of gels with secnidazole as potential periodontal treatment. *Eur J Pharm Sci* 2024;192:106657.
27. Hu B, Owh C, Chee PL, Leow WR, Liu X, Wu Y-L, et al. Supramolecular hydrogels for antimicrobial therapy. *Chem Soc Rev* 2018;47:6917–29.
28. Nawrot-Hadzik I, Matkowski A, Hadzik J, Dobrowolska-Czopor B, Olchowy C, Dominiak M, et al. Proanthocyanidins and flavan-3-ols in the prevention and treatment of periodontitis—Antibacterial effects. *Nutrients* 2021;13:165.
29. Santos MS, Dos Santos AB, Carvalho MS. New insights in hydrogels for periodontal regeneration. *J Funct Biomater* 2023;14:545.
30. Guo H, Huang S, Yang X, Wu J, Kirk T, Xu J, et al. Injectable and self-healing hydrogels with double-dynamic bond tunable mechanical, gel-sol transition and drug delivery properties for promoting periodontium regeneration in periodontitis. *ACS Appl Mater INTERFACES* 2021;13:61638–52. <https://doi.org/10.1021/acsami.1c18701>.
31. Wang Y, Li J, Tang M, Peng C, Wang G, Wang J, et al. Smart stimuli-responsive hydrogels for drug delivery in periodontitis treatment. *Biomed Pharmacotherapy* 2023;162. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.114688>.

32. Gu Z, Qiu C, Chen L, Wang X. Injectable thermosensitive hydrogel loading erythropoietin and FK506 alleviates gingival inflammation and promotes periodontal tissue regeneration. *Front Bioeng Biotechnol* 2024;11:1323554.
33. Alkhursani SA, Ghobashy MM, Al-Gahtany SA, Meganid AS, Abd El-Halim SM, Ahmad Z, et al. Application of nano-inspired scaffolds-based biopolymer hydrogel for bone and periodontal tissue regeneration. *Polymers* 2022;14:3791.
34. Funda G, Taschieri S, Bruno GA, Grecchi E, Paolo S, Girolamo D, et al. Nanotechnology scaffolds for alveolar bone regeneration. *Materials* 2020;13:201.
35. Zhao Z, Liu J, Weir MD, Schneider A, Ma T, Oates TW, et al. Periodontal ligament stem cell-based bioactive constructs for bone tissue engineering. *Front Bioeng Biotechnol* 2022;10:1071472.
36. Miao G, Liang L, Li W, Ma C, Pan Y, Zhao H, et al. 3D bioprinting of a bioactive composite scaffold for cell delivery in periodontal tissue regeneration. *Biomolecules* 2023;13:1062.
37. Shan B, Wu F. Hydrogel-based growth factor delivery platforms: strategies and recent advances. *Adv Mater* 2024;36:2210707.
38. Park J, Kim S, Kim K. Bone morphogenetic protein-2 associated multiple growth factor delivery for bone tissue regeneration. *J Pharm Investig* 2018;48:187–97.
39. Kim J, Kim Y, Song S. One-step preparation of an injectable hydrogel scaffold system capable of sequential dual-growth factor release to maximize bone regeneration. *Adv Healthc Mater* 2023;12:2202401.

## **ІННОВАЦІЙНІ ВЕКТОРИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ**

**Дичко Аліна Олегівна**

доктор технічних наук,  
професор кафедри екології  
та технологій захисту навколишнього середовища  
Національний транспортний університет

**Жоглик Олександр Максимович**  
Національний транспортний університет

В умовах сучасної економіки, яка зазнає глибокої трансформації під впливом цифровізації, змін клімату та посилення вимог до сталого розвитку, питання інтеграції цифрових технологій в екологічну стратегію підприємств набуває особливого значення. Традиційні підходи до управління екологічними аспектами бізнесу вже не відповідають викликам часу, оскільки вони здебільшого мають реактивний характер, а не спрямовані на проактивне запобігання негативному впливу на довкілля. Сучасні цифрові рішення відкривають принципово нові можливості для забезпечення екологічної безпеки, зменшення вуглецевого сліду підприємств, підвищення енергоефективності та раціонального використання природних ресурсів [2].

Посилення міжнародних екологічних стандартів, розвиток «зеленої» економіки та вимоги до нефінансової звітності спонукають підприємства переглядати свої стратегії розвитку з урахуванням екологічних пріоритетів. У цьому контексті цифровізація екологічної стратегії стає не лише вимогою часу, а й стратегічною інвестицією в майбутнє підприємства.

Цифровізація являє собою процес інтеграції цифрових технологій у всі сфери діяльності підприємства з метою підвищення ефективності, прозорості, гнучкості та здатності швидко адаптуватися до змін зовнішнього середовища з використанням інноваційних інструментів для моніторингу впливу на довкілля, оптимізації ресурсоспоживання, переробкою відходів та формування звітності відповідно до міжнародних стандартів. Такий напрям є найважливішим для українських підприємств для інтегрування у європейський економічний простір, де екологічні стандарти та цифрова трансформація є ключовими елементами стійкого розвитку. Дослідження процесів впровадження цифрових рішень в екологічну стратегію підприємств є надзвичайно актуальним, оскільки спрямоване на формування ефективної моделі поєднання екологічної відповідальності та інноваційного розвитку [1,3].

Цифрові рішення у сфері екологічної стратегії підприємств спрямовані на:  
автоматизацію процесів екологічного контролю та оцінки впливу на довкілля;

впровадження сенсорних систем моніторингу якості повітря, води, ґрунту, використання безпілотних літальних апаратів та супутникових знімків для аналізу стану екосистем, застосування програмного забезпечення для прогнозування наслідків виробничої діяльності;

комплексну переробку відходів: розробку нових біотехнологій біотрансформації відходів з використання інтелектуальних систем управління енергоспоживанням;

покращення прозорості екологічної звітності – створення інтерактивних екологічних панелей з відкритими даними, інтеграція звітності за стандартами GRI, CDP чи ESRS, використання блокчейн-технологій для підтвердження достовірності даних;

підвищення адаптивності підприємства до змін екологічного середовища та кліматичних викликів – застосування цифрових «двійників» виробництва для тестування сценаріїв зниження екологічного впливу, впровадження систем прогнозування аналітики для оцінки ризиків, використання штучного інтелекту для формування оптимальних стратегій реагування на зміни клімату та ринкові вимоги [4].

Таким чином, впровадження цифрових рішень в екологічну стратегію підприємств не лише підвищує ефективність природоохоронної діяльності, а й відкриває перспективи для формування нової моделі управління, орієнтованої на сталість, інноваційність і відповідальність перед суспільством та майбутніми поколіннями. Така модель передбачає інтеграцію екологічного мислення на всіх рівнях управління, де ключову роль відіграють аналітика даних, автоматизований контроль за ресурсами, екологічне прогнозування і прозора звітність.

Цифрові інструменти сприяють зменшенню залежності від традиційних, енергоємних та ресурсозатратних технологій, спрямовуючи підприємства на шлях екологічної модернізації – системного оновлення виробничих процесів, інфраструктури та управлінських підходів з метою зниження негативного впливу на довкілля, підвищення ефективності використання ресурсів та інтеграції принципів сталого розвитку [3,5]. Цей процес передбачає впровадження енергоефективних технологій, зменшення викидів шкідливих речовин, оптимізацію логістики, розвиток безвідходного виробництва та використання екологічно безпечних матеріалів.

Перспективним напрямом є створення регіональних цифрових альянсів, у межах яких Україна може співпрацювати з Польщею, Німеччиною, країнами Балтії у сфері виробництва та постачання «зеленої сталі». Це дозволить поєднати промисловий потенціал України з фінансовими й технологічними можливостями ЄС, сформувавши комплексну міжнародну екосистему, орієнтовану на екологічну модернізацію.

Аналіз впровадження цифрових рішень у екологічну стратегію підприємств свідчить про те, що сучасні компанії все активніше інтегрують цифрові технології у процеси управління природними ресурсами, моніторингу екологічних показників та оптимізації виробничих процесів. Використання

автоматизованих систем збору даних, аналітики великих даних, Інтернету речей, хмарних платформ та штучного інтелекту дозволяє оцінювати вплив виробничої діяльності на довкілля, прогнозувати екологічні ризики та приймати стратегічні рішення на основі точних даних. Такий підхід забезпечує підвищення прозорості діяльності підприємств, формує культуру корпоративної екологічної відповідальності та сприяє інтеграції принципів сталого розвитку у щоденні операційні процеси. Цифровізація екологічних стратегій стає не лише інструментом підвищення ефективності, а й фундаментом для довгострокової конкурентоспроможності та соціальної відповідальності бізнесу [2,3].

У перспективі це формує передумови для використання відновлюваних джерел енергії шляхом біотрансформації відходів та сталого споживання сировини та матеріалів, що відповідає сучасним міжнародним стандартам та сприяє конкурентоспроможності підприємств на глобальному ринку [1]. З врахування вищезначеного, цифровізація екологічної стратегії – це не просто технічне вдосконалення окремих процесів, а системне переосмислення підходів до управління підприємством, що охоплює трансформацію мислення, виробничої культури та корпоративної відповідальності. Такий підхід формує нову парадигму екологічності підприємств, у якій екологічна ефективність тісно поєднується з інноваціями, прозорістю та є адаптивністю до динамічних викликів зовнішнього середовища. У результаті цифрова екологічна трансформація стає ключовим чинником підвищення довгострокової конкурентоспроможності підприємства в умовах глобального переходу до сталого розвитку економіки України.

### Список літератури

1. Автоматизовані системи (BMS). URL: <https://gpg-group.com.ua/index.php/uk/poslugi/avtomatizovani-sistemi-bms>, 2025.
2. Екологізація виробництва та зелені технології: курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. всіх спеціальностей всіх освітніх програм / Н. С. Ремез, А. О. Дичко, Т. В. Гребенюк, В. О. Броницький (1 файл: 6,13 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 209 с.
3. Караєва Н. В. Еколого-економічний ризик-менеджмент: методи оцінювання ризиків : навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2019. URL: [https://apers.kpi.ua/downloads/Караєва\\_еколог\\_економ\\_ризик.pdf](https://apers.kpi.ua/downloads/Караєва_еколог_економ_ризик.pdf).
4. Рябець Н. М. Цифрові екосистеми в міжнародному бізнесі: концептуальні засади, перспективи, ризики та управління. Digital Economics and Economic Security, 2025. Вип. 2 (17). С. 212–220. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.17-35>.
5. Цифрова трансформація промислового менеджменту у контексті викликів, можливостей та змін : монографія / за ред. д.філософ.н., проф. В. Г. Воронкової, д.е.н.; проф. Н. Г. Метеленко. Львів – Торунь: Liha-Pres, 2024. 592 с.

## **FINANCIAL SUPPORT OF SOCIAL PROTECTION OF THE POPULATION AS AN IMPORTANT COMPONENT OF THE SOCIO-ECONOMIC POLICY OF THE STATE**

**Samoshkina Iryna**

PhD in Economics, associate professor  
Sumy National Agrarian University, Ukraine

Ефективність системи та рівень соціального захисту населення залежать від якісного фінансового забезпечення як невід'ємного структурного елемента фінансового механізму. Відтак здійснення ефективної політики соціального захисту населення вимагає створення відповідного фінансового механізму її реалізації, здатного забезпечити істотне підвищення добробуту кожного громадянина України. Тому необхідною умовою успішного виконання соціальним захистом своїх функцій є своєчасне та повне фінансове забезпечення всіх соціальних виплат та програм. Фінансове забезпечення соціального захисту можна визначити як систему грошових відносин розподільчого характеру, в процесі яких за рахунок податків та спеціальних внесків формуються централізовані та децентралізовані фонди фінансових ресурсів, що в подальшому використовуються на фінансування соціальних виплат. Основними формами соціального захисту, через які відбувається безпосередньо фінансування соціальних трансфертів, є соціальне забезпечення, соціальне страхування та соціальна допомога. Не зважаючи на різні джерела фінансування та умови виплати соціальних трансфертів, дані форми доповнюють одна одну, створюючи всеохоплюючу систему соціального захисту населення.

Формування ефективної системи соціального захисту населення завжди перебувало в колі наукових інтересів багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців. Це пояснюється, головним чином, його важливістю як для економіки так і для суспільства в цілому. Проте непростий процес трансформації економічних відносин в Україні вимагає поглиблення теоретичних і практичних напрацювань щодо розвитку фінансового забезпечення соціального захисту населення з урахуванням регіональної специфіки.

Соціальний захист населення складає систему правових, соціально-економічних та організаційних заходів, реалізованих державою для підтримки соціально вразливих категорій суспільства. Він спрямований на забезпечення базових потреб осіб та утримання належного рівня життя. Концепція соціального захисту є ключовою для підтримки добробуту суспільства, особливо в умовах економічних та соціальних змін.

Науковці з різних сторін досліджують поняття соціального захисту, так Бондаренко А.О. [1] зазначає, що соціальний захист це система заходів, які сприяють матеріальному забезпеченню осіб у разі соціальних ризиків, таких як безробіття, інвалідність та старість.

Остапенко В.О. [2] підкреслює, що соціальний захист має забезпечувати громадянам права на гідне життя в умовах ринкової економіки, підтримуючи соціальну справедливість.

Ми підтримуємо думку, Сидоренко Н.В. [3], яка вважає, що соціальний захист є важливим інструментом державної політики, спрямованим на пом'якшення наслідків бідності та соціальної несправедливості.

Проаналізувавши визначення науковців відмічаємо, що соціальний захист включає декілька основних видів, що охоплюють різні аспекти життя населення. Види соціального захисту населення представлені на рис. 1.



**Рисунок 1.** Види соціального захисту населення

Джерело рисунка: узагальнено автором на основі [1, 3, 4]

Необхідність соціального захисту в сучасному суспільстві обумовлена багатьма факторами, серед яких необхідність забезпечення мінімальних життєвих стандартів. Це передбачає, що соціальний захист гарантує людям доступ до базових потреб, таких як медична допомога, освіта та гідне житло. Соціальні програми допомагають утримувати рівень життя населення, зменшуючи ризики падіння у бідність, що в свою чергу спрямовано на подолання бідності та соціальної нерівності.

Також ефективний соціальний захист підвищує довіру до держави і сприяє соціальному миру в суспільстві – це зміцнює соціальну стабільність. А надання можливостей для освіти та професійної підготовки сприяє економічному зростанню країни, сприяє розвитку людського капіталу [4]. Таким чином, соціальний захист населення є важливим елементом, який забезпечує соціальну справедливість, стабільність та розвиток суспільства в цілому.

Фінансове забезпечення соціального захисту населення є важливою складовою соціально-економічної політики держави.

Під фінансовим забезпеченням соціального захисту розуміється сукупність фінансових ресурсів, які спрямовуються на реалізацію програм соціального

захисту, що в свою чергу забезпечує захист прав та інтересів найбільш вразливих категорій населення [5]. Правильне управління цими ресурсами є необхідною умовою для досягнення соціальної стабільності в суспільстві.

Фінансове забезпечення соціального захисту населення можна визначити як систему грошових відносин, що виникають у процесі фінансування соціальних програм та заходів, спрямованих на забезпечення соціальної підтримки різних категорій громадян.

Фінансове забезпечення соціального захисту охоплює різноманітні види ресурсів, які призначені для фінансування соціальних програм. Відмічаємо наступні канали фінансового забезпечення: державне фінансування, фінансування з місцевих бюджетів, за рахунок приватних фондів та зустрічних програм, соціальне страхування та міжнародна допомога.

Так, державне фінансування є основним джерелом фінансування соціального захисту, що включає кошти державного бюджету, які виділяються на соціальні програми, допомоги та субсидії [4]. Місцеві бюджети здійснюють фінансування соціального захисту на рівні місцевих органів влади, що забезпечує специфічні потреби регіонів, включаючи соціальні програми, підтримку малозабезпечених сімей та освітні проекти. У свою чергу приватні фонди та зустрічні програми підтримують різноманітні програми, що фінансуються неприбутковими організаціями, фондами та благодійними організаціями, які надають підтримку окремим групам населення [6]. Також кошти можуть надходити від міжнародних організацій, таких як ООН, ВООЗ або міжнародні благодійні фонди. Вони у якості міжнародної допомоги також можуть бути використані для фінансування соціальних програм, особливо в кризових ситуаціях. Ще одним важливим напрямом фінансування є соціальне страхування, яке базується на внесках громадян та роботодавців для забезпечення соціального захисту в разі втрати працездатності, по старості, хворобі чи безробітті [7].

Як бачимо, фінансове забезпечення соціального захисту населення реалізується через різні напрями, які визначаються актуальними соціальними потребами. На сьогодні ці основні напрями включають: по-перше, соціальну допомогу, що означає фінансування соціальних виплат і допомоги найбільш вразливим верствам населення, таким як пенсіонери, інваліди, малозабезпечені сім'ї. По-друге, забезпечення громадян у випадках втрати доходів через хворобу, безробіття чи інші соціальні ризики. Це може включати виплати допомоги по безробіттю, допомоги по вагітності та пологам – це напрями соціального страхування. По-третє, реалізацію соціальних програм, спрямованих на покращення якості життя населення, включаючи освіту, охорону здоров'я і сприяння зайнятості. А також одним з напрямів є фінансування інфраструктурних проектів, тобто тих проектів, які спрямовані на покращення інфраструктури та основних послуг, що в свою чергу підтримує соціальний захист населення [8].

Фінансове забезпечення соціального захисту можна класифікувати за кількома критеріями, основні з яких представлені у таблиці 1.

**Таблиця 1**

Основні критерії класифікації фінансового забезпечення соціального захисту населення

Критерій	Види фінансового забезпечення
1	2
За джерелами фінансування	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Державне фінансування</li> <li>• Місцеві бюджети</li> <li>• Приватні та міжнародні фонди</li> </ul>
За цілями використання	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пряма фінансова допомога (грошові компенсації, соціальні виплати)</li> <li>• Непряма фінансова допомога (субсидії на житло, пільги для певних категорій населення)</li> </ul>
За формою надання	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Грошові платежі (пенсії, допомога по безробіттю)</li> <li>• Послуги (медичні, освітні, соціальні послуги)</li> </ul>
За тривалістю дії	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Постійні виплати (пенсії)</li> <li>• Тимчасові виплати (допомога по безробіттю)</li> </ul>

Джерело: узагальнено автором на основі [1, 6, 7, 8]

Таким чином, фінансове забезпечення соціального захисту населення є важливою складовою соціально-економічної політики держави. Воно включає в себе різноманітні види ресурсів і напрямів, призначених для підтримки вразливих груп населення і забезпечення їх потреб. Чітке розуміння сутності фінансового забезпечення, видів та класифікації дозволяє ефективно планувати і реалізувати соціальні програми, що в свою чергу сприяє підвищенню якості життя населення та соціальної стабільності в суспільстві. Ефективне використання фінансових ресурсів у цих сферах необхідне для забезпечення економічної стабільності та добробуту громадян.

### Список літератури

1. Бондаренко А. О. Фінансове забезпечення соціального захисту в умовах війни: український досвід. *Економічний простір*. 2022. № 1. С. 98-104.
2. Остапенко В. О. Соціальні виплати в Україні: тенденції та проблеми. *Економічна стратегія*. 2023. № 8. С. 82-87.
3. Сидоренко Н. В. Ефективність соціальних виплат в Україні: фінансові аспекти. *Соціально-економічні дослідження*. 2022. № 12. С. 85-90.
4. Рогова М. В. Адаптація фінансової політики у сфері соціального захисту: українські реалії. *Вісник Національної академії управління*. 2023. № 4. С. 76-83.
5. Мирошниченко Л. Нова модель фінансування соціального захисту населення в Україні. *Економіка та управління*. 2024. № 9. С. 59-65.
6. Павленко Л. Соціальна політика в Україні: фінансування та управління. *Сучасні економічні дослідження*. 2024. № 7. С. 48-55.
7. Кушнір В. М. Фінансування соціального захисту: міжнародний досвід та українські реалії. *Соціально-економічні перетворення*. 2024. № 2. С. 58-63.
8. Зайцева В. О. Проблеми управління соціальними виплатами в Україні. *Економіка України*. 2024. № 10. С. 105-110.

## **ТІНЬОВА ЕКОНОМІКА В КОНТЕКСТІ ІНСТИТУЦІЙНОГО РОЗВИТКУ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТА УРОКИ ДЛЯ УКРАЇНИ**

**Войцеховський Максим Ярославович**

Аспірант кафедри Економіки підприємства та інвестицій  
Національний університет «Львівська Політехніка»

У сучасних умовах глобальної економічної нестабільності проблема тіньової економіки набуває нового звучання, стаючи одним із ключових викликів для забезпечення сталого розвитку держав. Тіньовий сектор, який традиційно сприймався як допоміжний механізм адаптації економіки до кризових явищ, сьогодні все частіше ідентифікується як системний бар'єр, що стримує соціально-економічне зростання, викривляє ринкову конкуренцію та обмежує можливості для фіскальної консолідації.

Особливої актуальності це питання набуває для країн з перехідною економікою, до яких належить і Україна. В умовах воєнних викликів, структурних трансформацій та необхідності інтеграції до європейського економічного простору, розуміння природи тінізації виходить за межі суто статистичного обліку. Дослідження детермінант неформальної економічної активності дозволяє ідентифікувати не лише «вузькі місця» в державному регулюванні, але й потенціал для переходу до більш прозорих та ефективних моделей господарювання. Метою цієї роботи є аналіз глобальних трендів розвитку тіньового сектору та імплементація отриманих висновків для обґрунтування стратегії детінізації в Україні, що базується на зміні акцентів від фіскального примусу до стимулювання інституційної довіри.

Тіньова економіка в сучасній економічній літературі розглядається як складне і багатовимірне явище, що охоплює всі види економічної діяльності, які здійснюються поза офіційними механізмами обліку, регулювання та оподаткування. Вона включає як легальні види виробництва та послуг, що не декларуються з метою уникнення податків або адміністративних обмежень, так і окремі сегменти неформальної зайнятості, які не відображаються у статистичних системах національних рахунків [1].

За результатами міжнародних досліджень, заснованих на даних понад 150 країн, тіньова економіка демонструє стійку залежність від рівня економічного розвитку. Зокрема, у країнах із низьким рівнем доходу її масштаб може перевищувати третину валового внутрішнього продукту, тоді як у розвинених економіках цей показник, як правило, знижується до однозначних значень. Подібна закономірність підтверджується і ширшими оцінками, де середній розмір тіньової економіки у глобальному вимірі оцінюється на рівні близько 30% ВВП у вибірці країн, що розвиваються, та менше 10% у високорозвинених економіках [2].

Рівень тіньової економіки в країнах за групами доходів

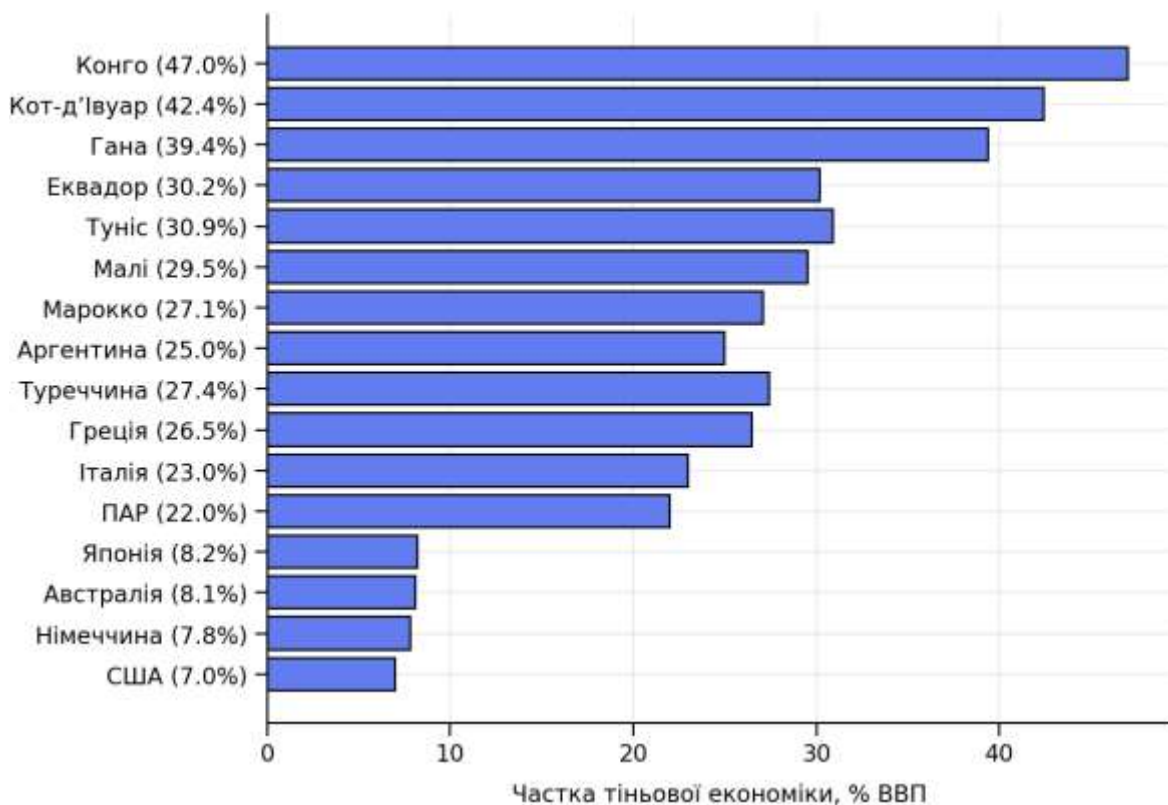


Рис.1 Рівень тіньової економіки в країнах за групами доходів.

Джерело: МВФ; Boston Consulting Group

Така диференціація пояснюється сукупністю макроекономічних та інституційних факторів. З одного боку, зростання доходів населення та рівня економічного розвитку асоціюється зі зменшенням стимулів до неформальної діяльності, оскільки формальна економіка забезпечує більш стабільні доходи, доступ до фінансування і соціального захисту. З іншого боку, високий рівень безробіття, нерівномірний розподіл доходів та слабкість інституцій виступають ключовими драйверами розширення тіньового сектору. Емпіричні дослідження демонструють, що безробіття має позитивну кореляцію з масштабами тіньової економіки, тоді як якість регулювання, верховенство права та податкова дисципліна – негативну [3].

Особливу роль відіграє фактор нерівності доходів. Доведено, що між тіньовою економікою та нерівністю існує двосторонній зв'язок: з одного боку, високий рівень нерівності стимулює економічних агентів переходити в неформальний сектор як альтернативу формальним каналам, а з іншого – сама тіньова економіка поглиблює нерівність, обмежуючи доступ до соціальних послуг і формальних інструментів накопичення капіталу [4].

У глобальному контексті тіньова економіка залишається системним явищем: за оцінками міжнародних організацій, понад 60% зайнятого населення світу отримує дохід у неформальному секторі, що підкреслює масштаб і значення цього феномена для функціонування світової економіки [5].

Разом з тим, тіньова економіка має амбівалентний характер впливу. З одного боку, вона сприяє підтриманню економічної активності в умовах криз і структурних дисбалансів, забезпечуючи альтернативні джерела доходів для населення. З іншого боку, вона створює суттєві макроекономічні ризики, оскільки підриває податкову базу, спотворює офіційні статистичні показники та знижує ефективність державної економічної політики. Знижені податкові надходження можуть призводити до підвищення податкового навантаження на формальний сектор, що, своєю чергою, стимулює подальше розширення неформальної діяльності, формуючи своєрідне “замкнене коло” [6].

У цьому контексті Україна є типовим прикладом економіки з перехідними характеристиками, де тіньовий сектор відіграє суттєву роль. За різними оцінками, його частка протягом останніх років коливалася у діапазоні від приблизно чверті до понад третини валового внутрішнього продукту. Зокрема, окремі дослідження оцінюють рівень тіньової економіки в Україні на рівні близько 24% ВВП, тоді як інші підходи дають значно вищі значення, що перевищують 35% [7, 8]

Причини такого масштабу значною мірою узгоджуються з глобальними тенденціями: історично низький рівень доходів, інституційна слабкість, складність регуляторного середовища та обмежена довіра до державних інституцій формують стійку мотивацію до використання неформальних механізмів ведення бізнесу. Додатковим фактором виступають економічні шоки, зокрема військові дії, які дестабілізують формальні ринки праці та стимулюють розвиток гнучких, але менш регульованих форм економічної активності.

Водночас, структура тіньової економіки в Україні характеризується високим рівнем інтеграції з формальним сектором. Значна частина економічних операцій має змішаний характер, поєднуючи офіційні та неофіційні компоненти. Це ускладнює як точну оцінку масштабу явища, так і розробку політик, спрямованих на його зменшення.

Дослідження свідчать, що ефективна політика скорочення тіньової економіки повинна базуватися не лише на посиленні контролю, але передусім на створенні стимулів до формалізації. Такими стимулами можуть виступати підвищення рівня доходів, спрощення регуляторних процедур, розвиток цифрових інструментів адміністрування податків та підвищення прозорості державного сектору. Важливу роль також відіграє довіра: без довіри до інституцій навіть найбільш досконалі механізми контролю не здатні забезпечити стійке зменшення масштабів неформальної економіки.

Отже, тіньова економіка не є виключно негативним або аномальним явищем. Вона відображає глибші структурні характеристики економіки, рівень її розвитку та якість інституційного середовища. У випадку України цей феномен одночасно виконує роль адаптаційного механізму в умовах нестабільності та залишається суттєвим бар'єром для довгострокового економічного зростання і залучення інвестицій.

Розуміння природи тіньової економіки як системного явища дозволяє змістити фокус з боротьби із симптомами до роботи з першопричинами -

розвитком інституцій, підвищенням добробуту населення та формуванням ефективної, передбачуваної економічної політики.

Проведене дослідження підтверджує, що тіньова економіка є невід'ємною складовою економічної системи, рівень якої прямо залежить від ступеня інституційного та соціально-економічного розвитку держави. Глобальна практика демонструє чітку залежність: розвинені економіки мінімізують неформальний сектор завдяки високій якості державних інституцій, верховенству права та стабільному рівню доходів населення. Натомість для країн, що розвиваються, тінзація часто стає «вимушеним» інструментом економічного виживання в умовах системної нестабільності.

Український контекст, де частка тіньового сектору варіюється від 24% до 35% ВВП, свідчить про глибоку інституційну недосконалість та стійку мотивацію бізнесу до неформальної активності. Результати аналізу доводять, що спроби боротьби з тіньовим сектором виключно шляхом посилення адміністративного тиску та розширення карального апарату є недостатніми, а інколи — контрпродуктивними. Ефективна стратегія детінізації має базуватися на комплексному підході: спрощенні регуляторного середовища, діджиталізації податкового адміністрування, реальному забезпеченні верховенства права та — що є визначальним — відновленні довіри між бізнесом, суспільством та державою.

Таким чином, подолання тіньової економіки є не завданням окремого відомства, а результатом системних перетворень, спрямованих на побудову конкурентоспроможної та прозорої економічної моделі, здатної забезпечити стійке зростання добробуту в довгостроковій перспективі.

### Список літератури

1. Елгін, Ч. (2020). Тіньові економіки у світі. *Eastern Economic Journal*, т. 46, № 2, С. 301–322. (Порівняльний аналіз масштабів тіньової економіки у різних країнах).
2. Медіна, Л., & Шнайдер, Ф. (2018). Тіньові економіки у світі: що ми дізналися за останні 20 років? *IMF Working Paper*. — С. 23–28. (Систематизація підходів до оцінки та динаміки тіньової економіки).
3. Ачім, М. А. (2025). Фактори впливу на тіньову економіку: міжнародний аналіз. *Journal of Risk Finance*, т. 26, № 5, С. 677–693. (Емпіричний аналіз детермінантів тіньової економіки).
4. Бердієв, А. Н., & Сауноріс, Дж. В. (2019). Взаємозв'язок між нерівністю доходів та тіньовою економікою. *Eastern Economic Journal*, т. 45, № 2, С. 224–249. (Дослідження двостороннього зв'язку між нерівністю та неформальною економікою).
5. Санчес, С., Шварцлер, К., Парравічіні, С., Ауад, В., & Онал, І. (2023). Розкриваючи тіньову економіку. *BCG*, аналітичний звіт. (Сучасний огляд структури та глобальних закономірностей тіньової економіки).

6. Шнайдер, Ф., & Енсте, Д. (2002). Тіньова економіка: зростання підпільного сектору. *IMF Economic Issues*, № 30. (Класичний аналіз причин та наслідків розвитку тіньових економік).

7. Національний банк України. (2020). Майже чверть ВВП України перебуває в тіні: результати дослідження. — 17 лютого 2020 р. (Оцінка масштабів тіньової економіки в Україні).

8. Полезе, А., Мойзе, Г. М., Лиса, О., Керікімеє, Т., Саука, А., & Селиверстова, О. (2022). Представлення результатів дослідження тіньової економіки в Україні та майбутнє вивчення неформальності. *Journal of Contemporary Central and Eastern Europe*, т. 30, № 1. (Оцінка рівня тіньової економіки в Україні та мотивацій бізнесу).

## **КЛЮЧОВІ ПЕРЕДУМОВИ ЦИФРОВІЗАЦІЇ СЕКТОРІВ ФІНАНСОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ**

**Вісягін Олександр Олександрович,**  
здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти,  
Державний науково-дослідний інститут інформатизації та моделювання  
економіки

Фінансовий ринок України історично формувався нерівномірно в розрізі окремих сегментів, що обумовило його виражений банкоцентричний характер. Саме банківський сектор упродовж тривалого періоду залишався системоутворюючою складовою фінансового ринку, акумулюючи переважну частку фінансових активів, капіталу та фінансових потоків. Водночас, хоча менш динамічно, продовжують розвиватися й інші сегменти фінансового ринку, зокрема фондовий, страховий та валютний ринки, для яких характерними залишаються відмінності у рівні капіталізації, ліквідності, інституційної зрілості та диверсифікованості фінансових інструментів.

За таких умов процеси цифровізації фінансового ринку також набувають асиметричного характеру, оскільки вихідні умови та можливості інтеграції фінансових технологій суттєво відрізняються залежно від специфіки окремого сегмента. Це обумовлює необхідність формування диференційованих підходів до регулювання, стимулювання та інституційної підтримки цифрової трансформації фінансового сектору. Врахування секторальної специфіки цифровізації набуває особливого значення у процесі розробки стратегічних документів, що визначають напрями цифрового розвитку економіки та фінансового ринку України.

Про пріоритетність цифрової трансформації ринку фінансових послуг України йдеться в стратегічних документах, зокрема «Стратегії розвитку фінансового сектору України», де визначено однією із цілей сучасних фінансових послуг – розвиток інфраструктури (рис 1). Елементами розбудови такої інфраструктури є: розвиток цифрової економіки, розбудова фінансової інфраструктури, сприяння впровадженню мобільних застосунків, які використовуються для здійснення фінансових операцій, упровадження практики електронного функціонування органів управління господарських товариств. Крім цього, в стратегії акцентується на необхідності автоматизації і безпаперовим формам надання фінансових послуг. У відповідності до цього має бути сформована цифрова оборона фінансового сектору, де використовуються дієві заходи мінімізації ризиків упровадження цифрових технологій. Відповідальними за розробку ініціатив та підбір відповідних заходів є НБУ, Мінцифри, НКЦПФР, ФГВФО.



**Рисунок 1.** Заходи досягнення ініціативи розвитку інфраструктури цифрових фінансових послуг

Джерело: побудовано автором за [1].

Цільові орієнтири відображені в стратегічних цілях фінансового сектору не містять конкретних згладжуючих інструментів для вирівнювання диспропорційності секторів фінансового ринку. Втім, на нашу думку, доцільно розглянути такі передумови для успішної та швидкої цифровізації, у першу чергу для усунення перепон для цього процесу.

Підкреслимо, що цифровізація фінансового ринку актуальна і для глобальної економіки, адже впровадження новітніх технологій адаптує фінансові послуги до сучасних реалій наділяючи їх якостями прозорості, ефективності та безпеки. Водночас, фінансовий ринок України зіштовхується з низкою внутрішніх викликів, зумовлених воєнним станом, економічною нестабільністю, фрагментарністю правового регулювання та обмеженістю фінансових ресурсів [2].

В Україні спостерігається нерівномірність розвитку окремих цифрових інструментів та сегментів фінансового ринку. Аналізуючи дані з 2023 по 2025 рік відзначимо, що найбільша частка поширення цифрових сервісів належить сфері реалізації платежів та переказів і становить 18%. Друге місце за поширенням набувають цифрові сервіси кредитування, частка їх у структурі займає 10%. Необанкінг хоч і набуває стрімкого поширення в Україні, через війну та необхідність дотримання нормативів НБУ, їх популярність дещо зменшилась та складає 7%. Іншуртех, фінансовий менеджмент, блокчейн та криптовалюти у 2025 році не набули високої частки показників [3]. Асиметричність цифрової трансформації окремих сегментів фінансового ринку України значною мірою визначається відмінностями у рівні їх інвестиційної привабливості, адже впровадження та розвиток цифрових технологій потребують значних фінансових

ресурсів, доцільність яких повинна підтверджуватися перспективами розширення клієнтської бази, підвищенням операційної ефективності, зміцненням ринкових позицій та здатністю відповідного сегмента забезпечувати довгостроковий економічний ефект.

**Таблиця 1.**

Порівняльна характеристика рівня цифровізації окремих секторів фінансового ринку України та передумов їх цифрової трансформації

<b>Сектор фінансового ринку</b>	<b>Рівень цифровізації</b>	<b>Передумови для успішної цифровізації</b>
Ринок банківських послуг	Характеризується найвищим рівнем цифровізації серед усіх сегментів фінансового ринку України, де цифрові сервіси, мобільний банкінг та необанки фактично стали базовими елементами функціонування ринку.	Високий рівень капіталізації та ліквідності; розвинена фінансова інфраструктура; значна клієнтська база; високий рівень конкуренції; значні інвестиційні можливості банків; розвинені платіжні системи та цифрові канали обслуговування.
Ринок страхових послуг	Процеси цифровізації мають помірний характер та переважно концентруються у сфері дистанційного обслуговування клієнтів, автоматизації страхових процесів і розвитку InsurTech-рішень.	Поширення self-service платформ; потреба скорочення адміністративних витрат; розвиток цифрової ідентифікації; підвищення попиту на дистанційні страхові послуги; інтеграція штучного інтелекту та аналітики даних у страхову діяльність.
Фондовий ринок	Рівень цифровізації залишається порівняно нижчим через недостатню капіталізацію ринку та обмежену диверсифікацію фінансових інструментів, хоча окремі елементи цифрової інфраструктури активно впроваджуються.	Розвиток електронних торговельних систем; впровадження API-інтеграцій; цифровізація біржової інфраструктури; використання SupTech та RegTech-рішень; необхідність підвищення прозорості та інвестиційної привабливості ринку.
Валютний ринок	Цифровізація валютного ринку відбувається переважно через інтеграцію цифрових платіжних сервісів, онлайн-обмінних операцій та автоматизацію валютних транзакцій.	Високий рівень цифровізації платіжної інфраструктури; поширення мобільних фінансових сервісів; розвиток дистанційного банкінгу; інтеграція міжнародних платіжних систем; зростання попиту на швидкі цифрові валютні операції.

Джерело: побудовано автором.

Справедливо стверджувати, що найкращі передумови для впровадження фінтех-рішень характерні для ринку банківських послуг. Це підтверджується показниками діяльності банківських установ за останні роки, які відзначились рекордними показниками рентабельності прибутковості та дохідності. У той же

час розмір активів, що сконцетровані в банківській системі, сягає 90% всіх активів фінансового ринку. Розгалужені мережі фінансових установ та великі клієнтські бази спрощують процеси розбудови та впровадження інновацій. В цьому контексті науковці підкреслюють, що банки України є ключовими каталізаторами цифрової модернізації національних економік, що формують нові моделі фінансової взаємодії, стимулюють розвиток інноваційних сервісів та підвищують ефективність функціонування економічних систем [4].

Передумови цифровізації страхового сегмента фінансового ринку України формувалися під впливом поширення InsurTech-рішень, які поступово трансформують підходи до реалізації страхових послуг, дистанційного обслуговування клієнтів та автоматизації страхових процесів. Водночас інтенсивність цифрової трансформації страхового ринку залишалася нижчою порівняно з банківським сектором, що значною мірою обумовлено високою чутливістю страхового ринку до макрофінансової нестабільності та скороченням попиту на страхові послуги в умовах воєнних і економічних ризиків. Додатковим чинником стала активна адаптація страхового законодавства України до вимог ЄС, яка, поряд із підвищенням регуляторних стандартів, супроводжувалася зростанням вартості окремих страхових послуг [5]. За таких умов цифровізація страхового ринку відбувалася на тлі зниження доступності та інклюзивності страхових послуг для частини населення.

Передумови цифровізації фондового ринку України формувалися значно раніше активного поширення сучасних фінансових технологій, оскільки функціонування біржової інфраструктури, депозитарної системи та обігу цінних паперів із самого початку базувалося на використанні спеціалізованих цифрових рішень та інформаційних систем. Попри недостатній рівень капіталізації та обмежену диверсифікацію фінансових інструментів, це створило основу для подальшого розвитку електронної біржової торгівлі, автоматизації клірингових операцій, дистанційного доступу учасників ринку до фінансових операцій та впровадження сучасних торговельних платформ і API-інтеграцій.

Цифровізація валютного ринку України відбувається в умовах посиленого регуляторного контролю, оскільки валютні операції традиційно залишаються одним із найбільш чутливих сегментів фінансового ринку з позиції макрофінансової стабільності та валютного нагляду. Це певною мірою обмежує швидкість дистанційного впровадження окремих валютних послуг, однак не стримує розвитку цифрової інфраструктури валютних операцій. Зокрема, суттєвого поширення набули онлайн-обмін валют, дистанційне проведення валютних платежів, інтеграція мобільного банкінгу у валютні операції та використання цифрових платіжних платформ. Окремим напрямом цифровізації валютного сегмента став розвиток ринку віртуальних активів і криптовалют, обіг яких в Україні поступово інтегрується у фінансову систему, хоча нормативно-правова та інфраструктурна база цього сегмента все ще перебуває на етапі формування та адаптації до європейських підходів регулювання цифрових активів [6].

Таким чином, цифровізація фінансового ринку України відбувається нерівномірно в розрізі окремих його сегментів, що обумовлено відмінностями у рівні їх капіталізації, ліквідності, інституційної зрілості та інвестиційної привабливості. Найбільш сприятливі передумови для інтеграції фінтех-рішень сформувалися у банківському секторі, тоді як цифрова трансформація страхового, фондового та валютного сегментів значною мірою залежить від розвитку спеціалізованої цифрової інфраструктури, адаптації регуляторного середовища та підвищення доступності фінансових послуг. За таких умов подальша цифровізація фінансового ринку України потребує не лише технологічного оновлення окремих секторів, але й формування збалансованої державної політики, спрямованої на мінімізацію секторальних диспропорцій та забезпечення синхронного розвитку цифрового фінансового середовища.

### Список літератури

1. Стратегія розвитку фінансового сектору України. Київ. 2025. 59 с. URL: [https://mof.gov.ua/storage/files/Стратегія\\_фінсектору\\_публічна\\_укр.pdf](https://mof.gov.ua/storage/files/Стратегія_фінсектору_публічна_укр.pdf)
2. Нинюк І. І. Розвиток фінансового ринку України у контексті впровадження блокчейн-технологій. *Актуальні питання економічних наук*. 2025. № 13. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15826089>
3. Каталог фінтех-компаній України 2024. Українська асоціація фінтех та інноваційних компаній; за підтр. М-ва цифрової трансформації України, Національного банку України. 2024. 102 с. URL: [https://drive.google.com/file/d/1YCkzK8FRm7gBTsFXbyJvoeQCCZ8d\\_d0\\_/view](https://drive.google.com/file/d/1YCkzK8FRm7gBTsFXbyJvoeQCCZ8d_d0_/view)
4. Shkarlet S., Dubyna M., Shchur R., Shyshkina O. The Role of Cloud Technologies in Modern Development of Banking Institutions. *Journal of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*. 2025. № 12(2). Pp. 143–157. DOI: <https://doi.org/10.15330/jpnu.12.2.143-157>
5. Вергелюк Ю., Ганцяк М., Болдова А. Доступність ОСЦПВ в Україні в контексті адаптації до стандартів ЄС. *Acta Academiae Beregsasiensis. Economics*. 2025. № 10. С. 300-313. DOI: <https://doi.org/10.58423/2786-6742/2025-10-300-313>
6. Bilyk P., Voloshcuk D. Blockchain & Cryptocurrency Laws and Regulations 2025 – Ukraine. *Global Legal Insights*. 2025. URL: <https://www.globallegalinsights.com/practice-areas/blockchain-cryptocurrency-laws-and-regulations/ukraine/>

## **УПРАВЛІННЯ ЦІНОВИМИ РИЗИКАМИ НА РИНКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ**

**Терещенко Артем Олександрович,**  
здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти,  
Державний науково-дослідний інститут інформатизації та моделювання  
економіки

Функціонування ринку сільськогосподарської продукції супроводжується впливом комплексної системи взаємопов'язаних та індивідуальних ризиків, серед яких одне з ключових місць займають ризики коливання цін. Високий рівень волатильності аграрних ринків обумовлюється впливом глобальної кон'юнктури, сезонних факторів, логістичних обмежень, валютних коливань, змін попиту та пропозиції, а також воєнних викликів. За таких умов управління ціновими ризиками потребує реалізації системного підходу, який включає прогнозування, ідентифікацію, кількісне оцінювання ризиків, вибір інструментів їх мінімізації та постійний контроль за ефективністю прийнятих рішень.

Водночас ймовірність виникнення та масштаби впливу цінових ризиків значною мірою залежать від особливостей організації збуту сільськогосподарської продукції. Орієнтація товаровиробників на організований ринок, зокрема біржову торгівлю, суттєво розширює можливості використання інструментів хеджування, страхування та прогнозування цінової кон'юнктури. Натомість стихійна та ситуативна реалізація продукції на неорганізованих ринках характеризується значно вужчим інструментарієм управління ризиками. З огляду на стратегічне значення агропромислового комплексу для економіки України, значне поширення сільськогосподарського виробництва та численні виклики, з якими нині стикається національна економіка, питання ефективного управління ціновими ризиками потребують поглибленого наукового дослідження.

Під управлінням ціновими ризиками сільськогосподарських підприємств доцільно розуміти системний процес прогнозування, виявлення, оцінки та мінімізації ризиків, пов'язаних із несприятливими змінами цін на сільськогосподарську продукцію, матеріально-технічні ресурси та інші елементи аграрного ринку, з метою забезпечення фінансової стійкості, стабільності доходів і підтримання конкурентоспроможності товаровиробників. Ефективність такого управління значною мірою залежить від рівня інтеграції агровиробників до організованих ринків, доступу до біржових інструментів та якості інформаційно-аналітичного забезпечення.

Процес управління ціновими ризиками сільськогосподарських підприємств включає низку взаємопов'язаних етапів, які представлено на рис. 1. До них належать прогнозування змін ринкової кон'юнктури, ідентифікація факторів виникнення ризиків, оцінка ймовірності потенційних втрат, вибір і застосування інструментів мінімізації ризиків, а також контроль ефективності реалізованих

заходів та коригування системи управління відповідно до змін ринкового середовища.



**Рисунок 1.** Процес управління ціновими ризиками сільськогосподарських підприємств

*Джерело: побудовано автором.*

Першим етапом процесу управління ціновими ризиками є прогнозування змін ринкової кон'юнктури та цінових тенденцій. Сучасні цифрові технології суттєво розширюють можливості прогнозування цін на сільськогосподарську продукцію шляхом використання систем обробки даних, штучного інтелекту та моделей машинного навчання.

Останні наукові дослідження підтверджують ефективність поєднання моделей часових рядів, стохастичного моделювання та машинного навчання у прогнозуванні аграрних цін. Зокрема, моделі LSTM дозволяють аналізувати значні масиви історичних даних та виявляти складні закономірності зміни цін навіть в умовах кризових явищ і високої ринкової волатильності [1].

Другим етапом управління ціновими ризиками є ідентифікація факторів та джерел їх виникнення. Для аграрного ринку ключовими чинниками цінової волатильності виступають коливання світового попиту та пропозиції, валютні ризики, зміни вартості енергоресурсів, логістичні обмеження, геополітичні чинники та кризові явища у світовій економіці. В умовах воєнного стану ризики агробізнесу додатково посилюються через порушення логістичних ланцюгів, нестабільність зовнішніх ринків та високий рівень невизначеності [2].

Ідентифікація ризиків, що визначають цінові коливання на продукцію сільськогосподарських товаровиробників у будь-якій країні, повинна враховувати фактори макроекономічного середовища. Для України це питання є особливо актуальним, адже підвищені макроекономічні ризики спричинили зниження виробництва агропродукції у 2025 р. порівняно з 2024 р.,

спостерігалось скорочення поголів'я ВРХ і, як наслідок, зменшення виробництва молока. Додатково ситуація ускладнювалася необхідністю релокації підприємств сільського господарства з прифронтових і фронтових територій, порушенням логістики та зниженням рівня продовольчої безпеки. Окрему групу чинників сформували перепони для налагодження експорту, серед яких: міжнародний протекціонізм і зміна шляхів постачання [3].

Третім етапом процесу управління ціновими ризиками є оцінка ймовірності виникнення ризиків та масштабів можливих втрат. На цьому етапі здійснюється аналіз рівня волатильності ринку, визначення чутливості підприємства до змін ринкової кон'юнктури та оцінка потенційного впливу ризиків на фінансові результати діяльності. Для цього використовуються методи статистичного аналізу, сценарного оцінювання та моделювання ринкових ситуацій [4].

Четвертим етапом управління ціновими ризиками є вибір і застосування інструментів їх мінімізації. Саме на цьому етапі формується практичний механізм захисту сільськогосподарських товаровиробників від негативного впливу цінової волатильності, що дозволяє забезпечити стабільність доходів, підвищити прогнозованість господарської діяльності та зміцнити фінансову стійкість підприємств.

Серед ключових інструментів мінімізації ризиків варто виокремити біржові деривативи, зокрема ф'ючерсні, форвардні та опціонні контракти, валютні свопи, товарні деривативи на енергоносії, погодні деривативи, а також механізми міжнародного біржового хеджування. Важливу роль відіграють інструменти страхування та гарантування, серед яких: агрострахування, страхування логістичних ризиків, страхування зовнішньоторговельних операцій, державні гарантії, гарантування експортних контрактів та біржових угод. Окреме місце займають електронні аграрні розписки, складські свідоцтва, факторинг, клірингові механізми, торговельне фінансування та цифрові системи біржової аналітики. Ефективність страхування ризиків суттєво зростає за умов його інтеграції у систему державної підтримки. Важливу роль у цьому процесі відіграють державні гарантії, які забезпечують додатковий рівень фінансової безпеки при виконанні експортних контрактів та біржових угод, стимулюючи агровиробників активніше використовувати механізми організованого товарного ринку [5].

П'ятим етапом управління ціновими ризиками виступає контроль ефективності реалізованих заходів та адаптація системи управління до змін ринкового середовища. На цьому етапі оцінюється результативність застосованих механізмів хеджування, страхування та фінансового захисту, а також визначається необхідність коригування інструментів ризик-менеджменту. Водночас контроль за управлінням ризиками в аграрному секторі повинен бути складовою державної політики розвитку сільського господарства, оскільки саме державне регулювання, підтримка агрострахування та розвиток біржової інфраструктури формують передумови для стабільності аграрного ринку та підвищення його конкурентоспроможності [6].

За сучасних умов розвиток організованого товарного ринку, цифрових платформ та систем біржової аналітики поступово трансформує підходи до управління ціновими ризиками в аграрному секторі. Управління ризиками дедалі більше переходить від ситуативного реагування на коливання ринку до превентивної моделі, що базується на прогнозуванні, цифровому моніторингу та використанні інструментів фінансового хеджування. Це створює передумови для підвищення стійкості аграрного виробництва та формування більш прогнозованого ринкового середовища [7].

Отже, ефективне управління ціновими ризиками виступає важливою передумовою забезпечення фінансової стійкості та конкурентоспроможності сільськогосподарських товаровиробників в Україні. Встановлено, що результативність цього процесу значною мірою залежить від рівня розвитку організованого товарного ринку, використання інструментів біржового хеджування, страхування, державної підтримки та сучасних цифрових технологій. В поточних реаліях саме комплексний підхід до прогнозування, оцінки, мінімізації та контролю ризиків створює передумови для підвищення стабільності аграрного сектору та його адаптації до глобальних економічних і воєнних викликів.

#### Список літератури

1. Celik B. A., Celik S. Hybrid forecasting of agricultural commodity prices: Integrating machine learning, time series, and stochastic simulation models. *Borsa Istanbul Review*. 2025. Vol. 25. Issue 6. P. 1440–1462. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bir.2025.10.004>
2. Яценко О. М., Яценко О. О. Багаторівневий підхід до управління ризиками агробізнесу в умовах війни. *Український економічний часопис*. 2024. Вип. 5. С. 153–159. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-8273/2024-5-27>
3. Русан В., Жураковська Л. Підсумки функціонування аграрного сектору України у 2025 році. Національний інститут стратегічних досліджень. 2026. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/pidsumky-funktsionuvannya-ahrarynoho-sektoru-ukrayiny-u-2025-rotsi>
4. Томілін О., Пащенко О., Мельник Л. Управління ризиками в аграрному секторі: фінансовий аспект. *Financial and Credit Activity: Problems of Theory and Practice*. 2023. Vol. 4 (51). P. 147–157. DOI: <https://doi.org/10.55643/fcaptr.4.51.2023.4096>
5. Вергелюк Ю., Ганцяк М. Державні гарантії в контексті забезпечення боргової безпеки. *Європейський науковий журнал Економічних та Фінансових інновацій*. 2024. № 2(14). С. 95-102. DOI: <https://doi.org/10.32750/2024-0210>
6. Соколюк С. Ю., Смолій Л. В., Жарун О. В. Роль держави у мінімізації ризиків в аграрній сфері економіки України. *Економіка та суспільство*. 2024. № 67. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-78>
7. Hariyadi E., Johari S. M., Agustiyani T. U. The Role of Agri-Tech Innovation in Enhancing Food Security and Farmer Income in Developing Economies. *BIO Web of Conferences*. 2025. Vol. 201. 05011. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/202520105011>

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ МОРСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ**

**Яворська Анастасія Федорівна**

к.е.н., доцент кафедри економічної теорії  
та підприємництва на морському транспорті  
Національного університету «Одеська морська академія»

В умовах сьогодення, морська транспортна інфраструктура є стратегічною складовою економіки України, оскільки забезпечує зовнішньоторговельні зв'язки, розвиток транзитного потенціалу та інтеграцію держави у світову логістичну систему. В умовах глобальної конкуренції, військових викликів та змін міжнародних транспортних маршрутів питання підвищення конкурентоспроможності морських портів і транспортної інфраструктури набуває особливого значення, особливо якщо йде мова про забезпечення конкурентоспроможності держави. Україна має значний потенціал для успішного розвитку своєї транспортної інфраструктури, оскільки вона володіє відповідними можливостями та ресурсами [1].

Головним стає досягнення конкурентного стану транспортної інфраструктури та вироблення стратегії збалансованої інвестиційної діяльності. З урахування цих обмежень необхідно зі складного комплексу питань увагу зосередити на проблемах, закономірностях, факторах та формах досягнення нормалізованих параметрів розвитку. Тому актуальність зумовлено зростанням динаміки розвитку економічних процесів та постійними змінами факторів зовнішнього середовища. Забезпечення конкурентоспроможності морської транспортної інфраструктури являє собою комплексну систему управлінських, фінансових, інноваційних, кадрових та інших заходів. Конкурентоспроможність виступає необхідною умовою ефективного функціонування морської транспортної інфраструктури, яку визначає сучасний ринок транспортних послуг.

На сьогоднішній момент до основних проблем забезпечення конкурентоспроможності морської транспортної інфраструктури України відноситься : недостатній рівень інвестицій у модернізацію інфраструктури; фізичне та моральне зношення портових потужностей; недосконалість нормативно-правової бази; низький рівень цифровізації логістичних процесів; безпекові ризики, пов'язані з військовою агресією; конкуренція з боку портів сусідніх держав.

До початку повномасштабної війни морські порти України забезпечували значну частину експортно-імпортних операцій держави. У 2021 році загальний вантажообіг морських портів перевищував 150 млн тонн. Основу експорту становили аграрна продукція, металургійна продукція та руда. За минулий рік загальний обсяг перевалки вантажів у морських та річкових портах України

оцінювався приблизно у 60–70 млн тонн, що становить близько 55–60% показників довоєнного 2021 року. Найбільшу частку вантажів формують зернові культури, олійні та продукти їх переробки. Водночас суттєво зросла роль Дунайського портового кластера, який став важливим елементом забезпечення експортної логістики. [2].

Ефективне функціонування морської транспортної інфраструктури повинно забезпечуватися за допомогою реалізації основних напрямів:

- Модернізація портової інфраструктури. Необхідним є оновлення причалів, перевантажувальної техніки, транспортних підходів та складських комплексів відповідно до міжнародних стандартів;

- Розвиток мультимодальних перевезень. Ефективна інтеграція морського, залізничного, автомобільного та річкового транспорту сприятиме скороченню логістичних витрат і підвищенню швидкості перевезень;

- Цифровізація та автоматизація портових процесів. Впровадження сучасних інформаційних систем, електронного документообігу та технологій управління вантажопотоками забезпечить підвищення ефективності роботи портів;

- Залучення інвестицій та державно-приватне партнерство. Важливим фактором є створення сприятливого інвестиційного клімату, розвиток концесійних механізмів та міжнародного співробітництва;

- Підвищення рівня безпеки та стійкості інфраструктури. Особливого значення набуває забезпечення захисту портових об'єктів, відновлення пошкодженої інфраструктури та адаптація до кризових умов;

- Екологізація морського транспорту. Використання екологічно безпечних технологій і дотримання міжнародних екологічних стандартів сприятиме підвищенню конкурентних переваг українських портів;

Забезпечення конкурентоспроможності морської транспортної інфраструктури України потребує комплексного підходу, що поєднує модернізацію портів, цифрову трансформацію, розвиток логістики, залучення інвестицій та підвищення безпеки. Реалізація цих заходів сприятиме зміцненню позицій України на міжнародному транспортному ринку, збільшенню обсягів перевезень та економічному розвитку держави [3].

### Список літератури

1. Шибя О. А. Взаємозв'язок розвитку транспортної інфраструктури та економічного зростання. Вісник Львівського університету. Серія «Міжнародні відносини». № 39, 2016. – С. 286-296.

2. Інвестиційний дайджест InVenture, лютий 2026

3. Степаненко В.О. Забезпечення конкурентоспроможності морської транспортної інфраструктури України. Економічна наука. Серія «Інвестиції : практика та досвід». №6, 2021.

## **AI AS YOUR PERSONAL ASSISTANT: LEARNING LANGUAGES SMARTER, NOT HARDER**

**Aliyev Alim**

Student

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

**Lysenkova Tetiana**

Senior Lecturer

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

The current stage of higher education development is characterized by the transition from the local use of digital tools to the systematic inclusion of artificial intelligence (AI) in educational, communicative, research and management activities. Formation of a holistic system of competencies allows not only to use AI, but also to critically understand its capabilities, limitations, risks and consequences for education, science and society. The transition from basic AI literacy to a broader competency model is of particular importance. While at the initial level the focus was mainly on familiarization with technology and its tools, modern frameworks emphasize the need to integrate AI knowledge, ethical guidelines, practical skills, critical judgment and responsible behavior into a single system [1, 2].

The highest level, creation, is associated with the transition from using ready-made solutions to more active participation in the formation or adaptation of AI systems. In a pedagogical sense, this may mean designing one's own AI usage scenarios, customizing datasets, participating in open-source work, constructing problem-solving models, or at least consciously designing the interaction between the user, data, and system. In the UNESCO framework, this level is directly related to AI system design, which indicates the importance of not only using the technology, but also understanding its architecture, construction logic, and improvement possibilities [3, 4].

This is especially important for higher education, as university training should focus not only on digital adaptation, but also on developing the ability to create new solutions. That is why it is important to include elements of system design thinking in the structure of digital competence [5, 6]. This is about the ability to outline the boundaries of the problem, determine which tasks are appropriate to transfer to AI, what data is needed for this, what risks the system may create and how it should be improved in an iterative manner.

This approach moves interaction with technology from the level of consumption to the level of meaningful design. The 21st century requires students who not only possess knowledge but also critical thinking [6], the ability to collaborate, proactivity and problem-solving skills.

Thus, we consider the analysis of the options available today, the choice of an individual trajectory for adequate steps and the pace of achieving the goal.

An AI language assistant is a computer program that can understand what you write or say, and respond in a natural, human-like way. When discussing AI in language learning, the immediate association is often Large Language Models (LLMs) like ChatGPT or Claude, which can explain grammar, contextualize translations, and simulate real-life dialogues such as job interviews or ordering at a restaurant. However, AI's application is much broader, operating seamlessly within everyday tools. Platforms like YouTube or Netflix generate automatic subtitles or create their own, Language Reactor provides dual-subtitles and instant translations, and applications like Elsa Speak use advanced speech recognition to analyze and correct specific pronunciation sounds. Even Zoom and Google Meet have AI real-time subtitles, and tools like Grammarly check not just spelling but writing style and tone using AI technologies.

A highly practical advantage of this AI ecosystem is its cost-effectiveness. Traditional tutoring platforms often charge between \$15 and \$50 for a single 50-minute lesson. To maintain visible progress, learners typically spend \$60 to \$100 monthly for very limited practice time. In stark contrast, a premium LLM subscription costs approximately \$20 per month for unlimited, round-the-clock practice, while tools like Language Reactor offer powerful features entirely for free. This shifts language acquisition from being an expensive privilege to a universally accessible resource.

Furthermore, AI empowers learners with technical inclinations to design their own educational infrastructure. Instead of relying solely on pre-packaged apps, students can "vibecode" custom tracking applications or engineer dedicated Telegram bots to manage daily practice, correct homework, and track progress over time.

Despite these profound advantages, it is critical to recognize AI's limitations. AI can generate inaccurate or unnatural explanations, particularly regarding modern slang or regional idioms. More importantly, it cannot fully replicate the cultural nuances, unpredictable reactions, and human connection inherent in speaking with a native speaker. The greatest risk remains over-reliance - using AI to bypass independent thought rather than as a collaborative partner.

Personal experience utilizing AI to study French over a three-month period underscores its efficacy. While traditional lessons resulted in slow progress, integrating tools like Claude for generating structured weekly schedules, ChatGPT for validating the natural flow of sentences, and DeepL for contextual vocabulary significantly accelerated skill acquisition and personal confidence. For optimal results, learners should maintain consistency - even 15 minutes daily, like in my case, assign specific roles to the AI for realistic practice, and combine these digital sessions with real-world content. With AI, I began practicing every day through short conversations, grammar explanations, and vocabulary exercises. I also use tools like DeepL and ChatGPT to check if my sentences sound natural.

Looking forward, the integration of real-time voice AI tutors, fully adaptive learning paths, and immersive AR/VR environments will continue to radically transform educational methodologies [7]. However, the most effective approach to language mastery remains a hybrid model: leveraging AI for efficient, personalized

daily practice, while engaging with human tutors to develop genuine cultural understanding and real-world communication skills.

### References

1. Стапюк, В. В. (2023, 28–29 квітня). Штучний інтелект як ресурс посилення цивілізаційних спроможностей. Розвиток наукової думки: актуальні питання, досягнення та інновації: матеріали науково-практичної конференції. Хмельницький. С. 86–89.
2. Красуля, А., Турчина, М. (2020). Використання інструментів штучного інтелекту: порівняльний аналіз систем автоматизованого перекладу. Львівський філологічний часопис, 8, 108–113.
3. Miao F., Cukurova M. AI competency framework for teachers. Paris : UNESCO, 2024. DOI: 10.54675/ZJTE2084.
4. Miao F., Shiohira K. AI competency framework for students. Paris : UNESCO, 2024. DOI: 10.54675/JKJB9835
5. Cosgrove J., Cachia R. DigComp 3.0: European Digital Competence Framework. Fifth edition. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2025. DOI: 10.2760/0001149.
6. Mansoor H. M. H., Bawazir A., Alsabri M., Alharbi A. Artificial intelligence literacy among university students - a comparative transnational survey // *Frontiers in Communication*. 2024. Vol. 9. Art. 1478476. DOI: 10.3389/fcomm.2024.1478476.
7. Vuorikari R., Kluzer S., Punie Y. DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2022.

## CRITERIA FOR ASSESSING ARTISTIC-EXPRESSIVE THINKING IN PIANO TRAINING

**Wu Yuyue,**  
Ph.D., student

South Ukrainian National Pedagogical University named after Kostiantyn Ushynskiy

***Abstract.** The article presents the results of a diagnostic study aimed at assessing the development of artistic-expressive thinking in piano training among students of higher arts and pedagogical education. The phenomenon under study is artistic-expressive thinking, examined through four components: figurative-modelling, reinterpreted-associative, energetic-communicative and reflective-representational. On this basis, four diagnostic criteria were defined: emotional-dramatic, imagological-multimodal, empathic-narrative and anticipatory-metacognitive. The corresponding indicators assessed students' perception of the emotional-dramatic content of a musical work, activation of artistic and imagery associations, creation of an empathic artistic narrative, metacognitive regulation of interpretative decisions and embodiment of the artistic image through concrete performance means. The diagnostic procedure included questionnaires, expert assessment, multimodal diagnosis, associative mapping, self-assessment and narrative tasks. Four levels of development were identified: intuitive-fragmentary, associative-emergent, conceptual-imaginative and integrative-creative. The results showed that the main difficulties concerned the transition from internal artistic representation to precise interpretative and performance realisation.*

Piano training for students pursuing higher pedagogical education in the arts aims to develop their ability to present a musical work expressively, evoke an emotional and empathic response in listeners, and encourage their active involvement in musical and creative activity. These objective foregrounds the pedagogical task of ensuring appropriate training for student musicians. In particular, such training should develop students' ability to mentally apprehend and comprehend the artistic-imagery conception of a piece and to embody this conception expressively in performance (Білова & Шужу, 2025; Реброва, 2023).

To support this orientation, the phenomenon of artistic-expressive thinking among students of higher arts and music education was investigated. It was established that this type of thinking constitutes a multidimensional, integrated construct arising from the interaction of an individual's emotional and cognitive processes. It provides an emotional-imagery, associative-metaphorical, and reflective-evaluative reinterpretation of the semantics of a musical work and is realised through the integration of polymodal and polyartistic practices in the process of artistic-verbal and musical-performative representation. Four main components were identified within the structure of this construct: figurative-modelling, reinterpreted-associative, energetic-communicative, and reflective-representational (By Юйюе, 2025).

To assess the development of artistic-expressive thinking among students of higher arts and pedagogical education, a diagnostic framework was developed on the basis of the structure outlined above and the corresponding criteria. The *emotional-dramatic* criterion was selected to assess the figurative-modelling component. Its indicators included the extent to which students are able to perceive a musical work as a coherent emotional-dramatic image, as well as the degree to which they are able to purposefully activate emotional-imagery associations in order to guide interpretative decisions.

The emotional-dramatic image is understood here as a complex of representations of the artistic events of a musical work, together with the endeavour to comprehend these events and embody them in interpretation. This process is regarded as one of the foundations of artistic-expressive thinking. In this context, the ability to purposefully activate images and associations in order to embody the artistic and emotional scenario of the work is assessed by determining students' ability:

- to associate a specific fragment with a particular image, emotional connotation, or metaphorical nuance, and to justify the relevance of this association through the corresponding semantic features of the fragment;
- to embody a mental image in specific interpretative choices by transforming dynamics, phrasing, articulation, tempo, touch, pedalling, timbre, and related means of expression;
- to realise the stated expressive transformations in performance in an audibly evident manner;
- to adjust the initial conception of the artistic image or association if the resulting sound does not correspond to the interpretative intention (Woody, 2006).

To assess the development of the reinterpreted-associative component, the *imagological-multimodal* criterion was selected. Its indicators were defined as the level of students' ability to purposefully activate, verbalise, and mentally visualise artistic, polyartistic, and extra-artistic representations during the expressive reinterpretation of a musical work, as well as the level of their ability to carry out an in-depth and critical re-evaluation of a previously formed image of the work through the activation of new emotional and professional-performance associations.

In substantiating this criterion, it was noted that the cultural context in the musical-interpretative process appears as an image mediated by the composer's creative consciousness. Accordingly, the performer interacts with a mediated figurative construct, which is then reinterpreted through the performer's own system of associations, thereby actualising an imagological perspective (Пупурс, 2020; Рябуха, 2016). In addition to the cultural context and the associated extra-artistic associations, the conception of the artistic image of a musical work integrates mental representations belonging to different perceptual modalities. This requires multimodal diagnosis through the objectification of mental representations by means of verbalisation, visualisation, plastic intonation, and associative mapping.

Thus, the imagological-multimodal criterion is aimed at diagnosing students' ability to recognise, verbalise, visualise, and critically review figurative constructs,

taking into account the specific functioning of cultural-contextual associations in the process of expressive reinterpretation of a work.

The *empathic-narrative* criterion was identified as central to assessing the development of the energetic-communicative component. The indicators of this criterion were defined as the extent to which the performance is able to evoke a reaction of emotional empathy in the listener through the purposeful activation of artistic-expressive thinking during piano performance, and the degree of students' ability to verbalise the imagery palette, historical context, and stylistic features of the musical work within an artistic narrative adapted to the characteristics of students' emotional perception.

The choice of this criterion is determined by the orientation of the energetic-communicative component toward the transmission of the expressive intensity of the musical image to listeners and the establishment of an emotional and psychological connection with them during performance interpretation. It was taken into account that the phenomenon of "energy exchange" during musical performance metaphorically denotes a complex process in which the expressiveness of performance enables the listener to experience an artistic-emotional state analogous to that experienced by the performer. Accordingly, the presence of an empathic response on the part of the listener may be considered a significant manifestation of this component, especially since such a response may arise in relation to musical expressiveness in a way comparable to responses to human emotions (Egermann & McAdams, 2013).

It is also important to ensure an empathic response to musical expressiveness among students in the process of music education (Малашевська, 2017). This determines the fundamental orientation of pedagogical interpretation toward revealing the artistic and expressive content of a work, particularly in its connection with interpretative choices. This ability manifests itself through specific indicators: the ability to select means of verbal explication of the expressiveness of the artistic image of a musical work in relation to stylistic features, cultural-historical context, and performance actions, as well as the ability to use a communicative format that ensures students' emotional engagement, sustained interest, and motivation to learn. An appropriate methodological basis is provided here by narrativity, understood as the presentation of information about the work in the form of a sequence of meanings that integrates cultural context, the characteristics and interaction of images, and the logic of their development into a coherent artistic narrative.

The *anticipatory-metacognitive* criterion was selected to assess the reflective-representational component. Its indicators were defined as the level of students' ability to consciously represent the artistic-imagery aspects of a work through performance on the basis of metacognitive self-regulation, their understanding of interpretative tasks and criteria for high-quality realisation, and the extent of their ability to generate interpretative strategies in the context of the performative embodiment of an artistic image on the basis of anticipatory reflection.

In selecting this criterion, it was taken into account that anticipatory reflection is a cognitive process aimed at achieving a desired result on the basis of conclusions drawn from reflection on and during action (Conway, 2001). Applied to the process of

reinterpreting a musical work, this means that reflection is largely directed toward identifying artistically expressive means of creating or improving a performance interpretation on the basis of existing experience gained through reflection after and during performance. Reflection is therefore cyclical in nature: conclusions drawn from reflective analysis form the basis for planning subsequent actions, which are again subjected to reflection, thereby ensuring its metacognitive function. In musical performance, this metacognitive function is linked to the ability to plan, control, and evaluate interpretation, while reflection functions as a practical method of such regulation. It makes it possible to analyse the artistic conception, observe discrepancies between intention and result, identify their causes, and develop strategies for improvement.

Based on this set of criteria, a diagnostic assessment was conducted using questionnaire-based methods, including the “Diagnosis of emotional-dramatic perception of a musical work and activation of imagery associations” questionnaire, expert assessment, multimodal diagnosis of mental representations of artistic images, and a series of diagnostic tasks such as associative mapping, self-assessment, and the creation of an artistic narrative.

The diagnostic assessment made it possible to identify four main levels of development of artistic-expressive thinking among students of higher arts and pedagogical education: intuitive-fragmentary (low), associative-emergent (medium), conceptual-imaginative (sufficient), and integrative-creative (high). The diagnostic results also revealed that the most frequent difficulties arise during the transition from internal representation to performance. Some students were able to describe a rather rich emotional image and then suggest only general means of expression: to play more softly, more intensely, more slowly, or with greater feeling. Such responses indicated that the image existed, while its translation into specific performance parameters remained insufficient.

Other students demonstrated a correct understanding of musical dramaturgy, although they made limited use of figurative associations. Their performance could therefore be structured and relatively coherent, while lacking vivid artistic imagery. Conversely, some students generated a multitude of images, although this diversity did not always lead to an authentic embodiment of artistic form and style, since the images were insufficiently linked to form, phrasing, rhythm, articulation, texture, and other structural or performance parameters. At the same time, experts identified a high level of artistic-expressive thinking when students were able to link the artistic and emotional content of the work, their own mental representations formed through analysis of the artistic image, and specific means of performance such as dynamics, phrasing, agogics, timbre, touch, and pedalling.

Overall, the experiment confirmed the relevance of the diagnostic framework due to its correspondence with the component structure of artistic-expressive thinking among students of higher arts and pedagogical education. The focus on the developed criteria made it possible to observe the internal mechanisms of interpretation and to better understand the difficulties students face when moving from artistic conception to musical realisation. The application of this diagnostic tool enabled a more accurate

assessment of the development of expressive interpretation skills and highlighted the need to work simultaneously on emotional-dramatic perception of a piece, the construction of artistic-imagery representations, reflection on expressive solutions, and their realisation in musical performance.

Thus, the experiment confirmed the importance of orienting piano training for students of higher arts and pedagogical education toward the development of artistic-expressive thinking, since this type of training supports their ability to create a conscious, creative, and artistically grounded interpretation of a musical work.

### References

- 1) Conway, P. F. (2001). Anticipatory reflection while learning to teach: From a temporally truncated to a temporally distributed model of reflection in teacher education. *Teaching and teacher education*, 17(1), 89-106. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(00\)00040-8](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(00)00040-8)
- 2) Egermann, H., & McAdams, S. (2013). Empathy and emotional contagion as a link between recognized and felt emotions in music listening. *Music Perception*, 31(2), 139-156. <https://doi.org/10.1525/mp.2013.31.2.139>
- 3) Woody, R. H. (2006). Musicians' Cognitive Processing of Imagery-Based Instructions for Expressive Performance. *Journal of Research in Music Education*, 54(2), 125-137. <https://doi.org/10.1177/0022429406054002>
- 4) Білова, Н. К., & Шужу, І. (2025). Мелодико-інтонаційний чинник як засіб осягнення авторського задуму у піаністичній інтерпретації. *Матеріали і тези XI Міжнародної конференції молодих учених та студентів "Музична та хореографічна освіта в контексті культурного розвитку суспільства" (24-25 жовтня 2025 року)* (pp. 91-93). Одеса: ПНПУ імені К. Д. Ушинського. <http://dspace.pdpu.edu.ua/bitstream/123456789/23914/1/28.pdf>
- 5) Ву Юйюе. (2025). Сутність та компонентна структура художньо-експресивного мислення здобувачів вищої мистецько-педагогічної освіти у процесі фортепіанної підготовки. *Південноукраїнські мистецькі студії*, 3(10), 23-31. <https://doi.org/10.24195/artstudies.2025-3.3>
- 6) Малашевська, І. А. (2017). *Теорія і практика навчання музики дітей дошкільного та молодшого шкільного віку з використанням музикотерапії*. (Дис. д-ра пед. наук), НПУ ім. Драгоманова, Київ. [https://npu.edu.ua/images/file/vidil\\_aspirant/avtoref/D\\_26.053.08/aref\\_Malashavska.pdf](https://npu.edu.ua/images/file/vidil_aspirant/avtoref/D_26.053.08/aref_Malashavska.pdf)
- 7) Пупурс, І. (2020). Імагологічний метод. In Г. М. Сиваченко (Ed.), *Методології сучасної літературної компаративістики : колективна монографія* (pp. 107-123). Київ: НАН України. Інститут літератури ім. Т.Г.Шевченка. <https://bit.ly/4d0oxiT>
- 8) Реброва, О. Є. (2023). *Теоретичне дослідження художньо-ментального досвіду в проекції педагогіки мистецтва: монографія (2е вид.)*. ПНПУ імені К.Д. Ушинського. <https://doi.org/10.24195/Rebrova2023>
- 9) Рябуха, Н. (2016). *Звуковий образ світу: онто-сонологічне дослідження фортепіанного мистецтва ХХ–початку ХХІ ст.: монографія*. Харків: Вид-во Бровін ОВ. <https://elib.nakkkim.edu.ua/bitstream/handle/123456789/3419/arfRyabuha.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## **ПОКАЗНИКИ ВІДНОВЛЕННЯ ПАЦІЄНТІВ З ТРАВМАТИЧНИМ КОМПРЕСІЙНИМ ПЕРЕЛОМ ХРЕБТА**

**Боровський Борис Михайлович**

здобувача освіти III медичного факультету  
Харківський національний медичний університет

**Веснін Володимир Вікторович**

к.мед.н, доцент кафедри екстреної та невідкладної медичної допомоги,  
ортопедії, травматології та протезування  
Харківський національний медичний університет

**Фадєєв Олег Геннадійович**

к мед.н, доцент кафедри екстреної та невідкладної медичної допомоги,  
ортопедії, травматології та протезування  
Харківський національний медичний університет

**Актуальність.** Травматичні компресійні переломи хребта належать до поширених ушкоджень опорно-рухового апарату, які можуть суттєво впливати на фізичний стан та повсякденну активність пацієнтів. Такі травми нерідко супроводжуються больовим синдромом, порушенням рухової функції та потребують тривалого відновлення. Найбільш уразливою вважається зона переходу грудного відділу хребта у поперековий, оскільки саме на неї припадає значна частина осевого навантаження. Особливе значення для вибору тактики лікування мають характер ушкодження, ступінь деформації хребця та наявність неврологічних проявів. Це зумовлює необхідність подальшого вивчення особливостей перебігу та підходів до лікування компресійних переломів хребта.

**Мета дослідження.** Дослідити показники відновлення пацієнтів після травматичного компресійного перелому хребта.

**Матеріали та методи.** Для виконання роботи використано аналіз клінічних настанов МОЗ України, міжнародних рекомендацій, наукових статей із бази PubMed та інших сучасних літературних джерел, у яких розглянуто лікування і показники відновлення пацієнтів після травматичних компресійних переломів хребта.

**Результати дослідження.** Результати дослідження. За даними української настанови МОЗ України «Переломи хребта», компресійні переломи найчастіше виникають у зоні грудо-поперекового переходу Th10-L2. У цій ділянці хребет зазнає значного навантаження, тому вона є особливо вразливою під час травми. У настанові також зазначено, що вибір лікування залежить від того, наскільки перелом є стабільним. Якщо ушкоджена переважно передня частина тіла хребця і немає неврологічних порушень, пацієнта можуть вести консервативно. Якщо ж

є нестабільність, виражена деформація або ризик ураження нервових структур, тоді вже розглядають питання оперативного лікування [1].

У рекомендаціях WFNS Spine Committee вказано, що переломи типів АО А2, А3 і А4 можна лікувати без операції, якщо немає значного колапсу тіла хребця, вираженого кіфозу, компрометації хребтового каналу та неврологічного дефіциту [2, с. 715]. Подібну думку подають Нау та співавт.: “стабільні травматичні переломи грудо-поперекового відділу без значної деформації часто не потребують хірургічного втручання” [3].

Щодо відновлення після травми, WFNS Spine Committee звертає увагу не лише на обмеження навантаження, а й на ранню мобілізацію пацієнта [2, с. 718]. Тобто після короткого щадного режиму людину поступово повертають до рухової активності, якщо це дозволяє її стан. У дослідженні Park та Kim було показано, що подовження суворого ліжкового режиму з одного до двох тижнів не покращувало результат лікування. Навпаки, у групі з довшим ліжковим режимом частота ускладнень була вищою – 84,8% проти 57,4% [4]. Показники відновлення після компресійного перелому хребта в різних дослідженнях оцінюють по-різному. Одні автори беруть за основу зменшення болю, інші – якість життя, функціональну активність або повернення до роботи. В огляді Madassery зазначено, що приблизно у двох третин пацієнтів із вертебральними компресійними переломами біль зменшується протягом 4-6 тижнів [5]. У проспективному дослідженні Inose та співавт. найбільш помітне покращення болю та якості життя спостерігали в перші 12 тижнів після перелому. Водночас приблизно у 25% пацієнтів у віддаленому періоді залишався біль у спині [6]. Проте такі дані потрібно використовувати обережно, бо вони значною мірою стосуються вертебральних переломів, які часто мають остеопоротичний характер. Для травматичних переломів грудо-поперекового відділу без ушкодження спинного мозку важливим показником є повернення до праці. У скопінг-огляді Suijkerbuijk та співавт. цей показник становив 76-84% [7]. Тобто всі пацієнти повністю відновлюються без залишкових скарг, але така цифра показує, що функціональний прогноз у більшості випадків є сприятливим.

Окремо Pettitt та співавт. у систематичному огляді аналізували неуспіх консервативного лікування травматичних вертебральних компресійних переломів. За їхніми даними, такий результат був описаний у 17,5% випадків. Цей показник не варто ототожнювати з повною відсутністю відновлення, бо він більше стосується неефективності консервативної тактики, а не загального стану пацієнта після травми [8].

**Висновок.** Травматичний компресійний перелом хребта є ушкодженням, при якому прогноз значною мірою залежить від стабільності перелому, ступенем деформації та наявністю неврологічних порушень. При стабільному травматичному компресійному переломі хребта без неврологічного дефіциту перевагу часто надають перевагу консервативному лікуванню. За даними проаналізованих джерел, біль у значній частини пацієнтів зменшується протягом 4-6 тижнів, а повернення до праці після травматичних переломів грудо-поперекового відділу без ушкодження спинного мозку становить 76-84%.

Водночас неуспіх консервативного лікування описаний у 17,5% випадків, тому тактика ведення пацієнта має залежати від стабільності перелому, наявності деформації та неврологічних проявів.

### Список літератури

1. Переломи хребта : клінічна настанова, заснована на доказах. Міністерство охорони здоров'я України. URL: <https://guidelines.moz.gov.ua/documents/3693> (дата звернення: 22.05.2026).

2. Peev N., Zileli M., Sharif S., Arif S., Brady Z. Indications for Nonsurgical Treatment of Thoracolumbar Spine Fractures: WFNS Spine Committee Recommendations // *Neurospine*. 2021. Vol. 18, No. 4. P. 713-724. URL: [https://www.e-neurospine.org/journal/view.php?doi=10.14245%2Fns.2142390.195&utm\\_.com](https://www.e-neurospine.org/journal/view.php?doi=10.14245%2Fns.2142390.195&utm_.com) (дата звернення: 22.05.2026).

3. Nau C., Pape H. C., Jug M. et al. Thoracolumbar injuries: non operative treatment: indications, management // *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2024. Vol. 50. P. 1951-1957. URL: [https://link.springer.com/article/10.1007/s00068-024-02619-3?utm\\_com](https://link.springer.com/article/10.1007/s00068-024-02619-3?utm_com) (дата звернення: 22.05.2026).

4. Cha K. H., Cho T. G., Kim C. H., Lee H. K., Moon J. G. Comparative Study on the Period of Absolute Bed Rest of Vertebral Compression Fracture // *Korean Journal of Spine*. 2013. Vol. 10, No. 3. P. 144-148. URL: [https://www.e-neurospine.org/journal/view.php?doi=10.14245%2Fkjs.2013.10.3.144&utm\\_com](https://www.e-neurospine.org/journal/view.php?doi=10.14245%2Fkjs.2013.10.3.144&utm_com) (дата звернення: 22.05.2026).

5. Madassery S. Vertebral Compression Fractures: Evaluation and Management // *Seminars in Interventional Radiology*. 2020. Vol. 37, No. 2. P. 163-167. URL: [https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7224975/?utm\\_.com](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7224975/?utm_.com) (дата звернення: 22.05.2026).

6. Inose H., Kato T., Shirasawa S. et al. Time Course of Acute Vertebral Fractures: A Prospective Multicenter Cohort Study // *Journal of Clinical Medicine*. 2021. Vol. 10, No. 24. Art. 5961. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0383/10/24/5961?utm> (дата звернення: 22.05.2026).

7. Suijkerbuijk M. A. M., Cranenbroek D., van Ameijden S. I. et al. Return to work following traumatic fractures of the thoracolumbar spine without spinal cord injury: a scoping review // *Acta Orthopaedica*. 2026. Vol. 97. P. 83-90. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12908126/?utm> (дата звернення: 22.05.2026).

8. Petitt J. C., Desai A., Kashkoush A. et al. Failure of Conservatively Managed Traumatic Vertebral Compression Fractures: A Systematic Review // *World Neurosurgery*. 2022. Vol. 165. P. 81-88. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878875022008385?utm> (дата звернення: 22.05.2026).

## **ВИХОВАННЯ УКРАЇНСЬКОЇ МЕНТАЛЬНОСТІ ЯК ЗАВДАННЯ ПОЧАТКОВОЇ МИСТЕЦЬКОЇ ОСВІТИ**

**Гордієнко Анна Леонідівна,**  
здобувачка ступеня вищої освіти «бакалавр»  
спеціальності 014.13 Середня освіта (Музичне мистецтво)  
Криворізького державного педагогічного університету  
м. Кривий Ріг, Україна

Законодавством України, нормативно-правовою базою загальної середньої освіти визначена національна стратегія виховання учнівської молоді, провідним напрямом якої є національно-патріотичне виховання. У «Концепції національно-патріотичного виховання» зазначено, що основною метою цього напрямку виховання є «становлення самодостатнього громадянина-патріота України, гуманіста і демократа, готового до виконання громадянських і конституційних обов'язків, до успадкування духовних і культурних надбань українського народу, досягнення високої культури взаємин, формування активної громадянської позиції, утвердження національної ідентичності громадян на основі духовно-моральних цінностей Українського народу, національної самобутності» [ 2 ].

В умовах нестабільності сучасного світового порядку, російської агресії проти суверенної держави Україна і виборювання українським народом своєї незалежності і свободи особливо гостро постає питання виховання у молодого покоління, якому відбудувати майбутнє нашої держави, стійких патріотичних переконань, відчуття своєї належності до великого українського народу, шанобливе ставлення до його історичного минулого, культурної спадщини, мови, національних традицій та звичаїв. Саме з початкової школи починається інтенсивний розвиток дитини як особистості, закладаються основи її розумових, інтелектуальних, морально-етичних якостей, формуються світоглядні орієнтації, громадянська позиція, система особистісних цінностей.

Питання патріотичного виховання в Україні завжди було центром уваги видатних українських педагогів, науковців, громадських діячів, серед яких : Софія Русова, Григорій Ващенко, Василь Сухомлинський, Василь Кремень, Іван Бех та інші. Розуміючи патріотизм як органічну єдність моральних почуттів, духовності та активної діяльності особистості, вчені разом з тим вказують на специфічні риси прояву патріотизму у молодших школярів і відповідні завдання щодо їх виховання. У контексті запитання-відповіді «Хто я ?» — «Я українець/українка» діти починають розуміти свою належність до українського народу, поступово відбувається формування їхньої національної ідентичності як «усвідомлення особистістю належності до певної нації, прийняття її цінностей, традицій, мови та культури» [ 1 ].

В українському мовному обігу поряд з поняттям «національна ідентичність» останнім часом активно використовується поняття «менталітет». Вітчизняний

вчений О. Стражний, досліджуючи особливості українського менталітету, у своїй праці пише : «Менталітет – поняття, яке важко збагнути. Воно майже не піддається раціональному тлумаченню. Це не загальноприйняті правила і звичаї, не традиції, не мова, не світогляд. Це щось таке, що відчувається, але не усвідомлюється. Однак включає в себе і загальноприйняті правила й звичаї, і традиції, і мову, і світогляд» [ 6, с. 7 ]. На думку швейцарського вченого Карла Юнга, менталітет – це душа народу, яка складніша за структурою ніж душа особистості [ 6, с.7 ].

У загальному широкому розумінні «менталітет» означає «світогляд», «світосприйняття», «національний характер». Для кожного народу ментальність це характер світосприйняття, світовідчуття, прояв національного характеру, національних рис. За характерними ознаками ментальності відрізняють представників однієї нації від іншої. Як стверджують вчені, ознаки ментальності не успадковуються генетично, вони є результатом виховного впливу певного національного середовища. Ментальність називають «духовним кодом» народу. прояви якого відрізняються у різних народів. Ментальність українського народу характеризується такими ознаками як :

- ✓ зосередженість на внутрішньому, особистісно-індивідуальному світові;
- ✓ кордоцентричність як здатність «відчувати серцем», чуйність, милосердя, доброта, емпатія;
- ✓ перевага емоційного, чуттєвого у внутрішньому світові над раціональним, інтелектуальним;
- ✓ прагнення до особистої свободи [ 6; 7 ].

Саме ці риси українського народу знайшли глибоке відображення в українській культурі, народно-пісенній творчості та професійній музиці.

Величезним духовним скарбом українського народу є його культура, народна пісенно-поетична творчість, яка створювалася народом віками. Саме у фольклорних творах, піснях, казках, легендах, звичаях, традиціях, які з'явилися в далекі історичні часи і збереглися до нашого часу, і заковані одвічні морально-етичні, духовні цінності українського народу, як-от: любов до рідної землі, відданість і боротьба за її незалежність і свободу; шанобливе ставлення до батьків, старших людей; шанування своєї родини, родинних зв'язків, звичаїв, традицій; доброзичливість, щирість, чуйність, милосердність; прагнення волі і свободи.

Невипадково відомий німецький педагог, музикант Карл Орф основу музичного виховання дітей молодшого шкільного віку вбачав у німецькому дитячому фольклорі, який передає «дух» німецької нації.

Вплив мистецтва класичного, сучасного, фольклорних творів на духовний світ дитини в процесі її особистісного зростання й розвитку є незаперечним і доведеним фактом в теорії та практиці мистецького виховання. Тому роль уроків мистецтва у національно-патріотичному вихованні учнів початкової школи, формуванні в них характерних національних рис українського менталітету неможливо переоцінити. Багатючий різножанровий, різностильовий музичний репертуар є тим культурним скарбом, в якому специфічними засобами

музичного мистецтва закований національний характер українців, «душа українського народу». Унікальність впливу мистецьких творів на дітей молодшого шкільного віку у порівнянні з іншими шкільними предметами полягає в тому, що їхній зміст, в якому акумулюється емоційно-ціннісний досвід цілих поколінь, засвоюється не через опанування певних знань та умінь, а шляхом емоційного переживання, співпереживання, співчуття тощо [ 5 ].

Вітчизняні науковці підкреслюють значення кордоцентризму як характерної ознаки української ментальності. Видатний український філософ В. Кремень називає «духовною домінантою» української культури кордоцентризм, українську «філософію серця», що складає основу національної свідомості й ментальності [3, с. 12]. А в системі загальної мистецької освіти загальновизнаною є думка про кордоцентричну спрямованість національної музичної культури.

Отже, сучасний урок мистецтва в Новій українській школі, побудований на широкому використанні передусім творів національної музичної культури, що ґрунтується на глибокому кордоцентричному потенціалі, має необмежені можливості у вихованні в учнів початкової школи національних рис українського народу, ментальності шляхом збагачення й розвитку їхньої емоційно-чуттєвої сфери як основи духовності.

### Список літератури

1. Козловець М. А. Феномен національної ідентичності : виклики глобалізації. Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2019. 558 с.
2. Концепція національно-патріотичного виховання в системі освіти України: Законодавство України: база даних / Верхов. Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0527729-22#n12> (дата звернення : 17.04.2026).
3. Кремень В. Г. Філософія людиноцентризму в стратегіях освітнього простору. Київ : Педагогічна думка, 2008. 424 с.
4. Ракітянська Л. М. Кордоцентризм національного музичного мистецтва як основа професійної підготовки майбутніх учителів музики : емоційно-інтелектуальний дискурс. *Науковий часопис національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова*. Серія 5. Педагогічні науки : реалії та перспективи : зб. наук. праць / М-во освіти і науки України, Нац. пед. ун-т імені М. П. Драгоманова. Київ : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019. Вип. 71. С. 209–212.
5. Ракітянська Л. М. Пріоритетність завдань шкільної музичної освіти. *Наукові записки*. Серія: Педагогічні науки. / редкол.: В. Ф. Черкасов та ін. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016. Вип.143. С.75–79.
6. Стражний О. Український менталітет : ілюзії – міфи – реальність. Київ, 2017. 221 с.
7. Україна: історія, культура, ментальність : навч. посіб. / МОН України, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини ; уклад. О. М. Перепелюк. Умань: Візаві, 2021. 157 с.

## **МОДЕЛЮВАННЯ СТАТИЧНОГО КОМПЕНСАТОРА РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ З ПРИМУСОВОЮ КОМУТАЦІЄЮ ДЛЯ ОЦІНКИ ЙОГО ШВИДКОДІЇ**

**Літковець Сергій Петрович,**

к.т.н., доцент, доцент кафедри енергетики  
Національний університет водного господарства та природокористування

**Літковець Ольга Василівна,**

студентка магістратури  
Національний університет водного господарства та природокористування

В електропостачальних системах сучасних промислових підприємств зростає споживання реактивної потужності і частка різкозмінних навантажень. Через це збільшується важливість проблеми компенсації реактивної потужності. Статичні тиристорні компенсатори (СТК) реактивної потужності дозволяють стабілізувати напругу вузлів електричної системи та зменшити втрати електричної енергії.

СТК з прямою компенсацією реактивної потужності, як правило, мають недостатню швидкість регулювання [1–3]. Для збільшення ефективності роботи електромереж з різкозмінним навантаженням необхідним є забезпечення швидкодіючої компенсації реактивної потужності [4].

СТК з непрямою компенсацією реактивної потужності дозволяють знизити втрати в електричних мережах і компенсаторах, а також забезпечити належну швидкодію [5].

Метою дослідження є розроблення математичної моделі для оцінки швидкодії статичного тиристорного компенсатора реактивної потужності з примусовою комутацією.

Для оцінки швидкодії СТК з примусовою комутацією та ізольованою нейтраллю у різних режимах їх роботи необхідно порівняти швидкість зміни реактивної потужності  $\frac{dQ^*(\alpha)}{d\alpha}$  даного СТК [6] із орієнтовною швидкодією компенсуючих пристроїв, які працюють у разі різких змін реактивних навантажень.

Для заданої конфігурації СТК з примусовою комутацією діапазон приблизних значень швидкодії у відносних одиницях становить:

$$\frac{2x_1 dQ}{U_m^2 \omega dt} = \frac{dQ^*(\alpha)}{d\alpha} = (0,404 \dots 2,018). \quad (1)$$

Розглянемо два способи регулювання статичного компенсатора: із фазовим зсувом за основною гармонікою та без фазового зсуву за основною гармонікою. Останній спосіб можливий у двох варіантах.

Швидкість зміни реактивної потужності у разі регулювання із фазовим зсувом за основною гармонікою складає:

$$\frac{dQ^*(\alpha)}{d\alpha} = -\frac{1}{\rho_1\pi} \left[ \rho_1 e^{\rho_1\left(\alpha-\frac{2\pi}{3}\right)} \left[ 1 + e^{-\rho_0\left(\frac{\pi}{3}+\alpha\right)} \right] + \rho_0 e^{-\rho_0\left(\frac{\pi}{3}+\alpha\right)} \left[ 1 - e^{\rho_1\left(\alpha-\frac{2\pi}{3}\right)} \right] \right]. \quad (2)$$

Швидкість зміни реактивної потужності у разі регулювання без фазового зсуву за основною гармонікою за першим варіантом складає:

$$\frac{dQ^*(\alpha)}{d\alpha} = -\frac{2}{\rho_1\pi} \left[ \rho_1 e^{\rho_1\left(2\alpha-\frac{2\pi}{3}\right)} \left[ 1 + e^{-\rho_0\left(2\alpha+\frac{\pi}{3}\right)} \right] + \rho_0 e^{-\rho_0\left(2\alpha+\frac{\pi}{3}\right)} \left[ 1 - e^{\rho_1\left(2\alpha-\frac{2\pi}{3}\right)} \right] \right]. \quad (3)$$

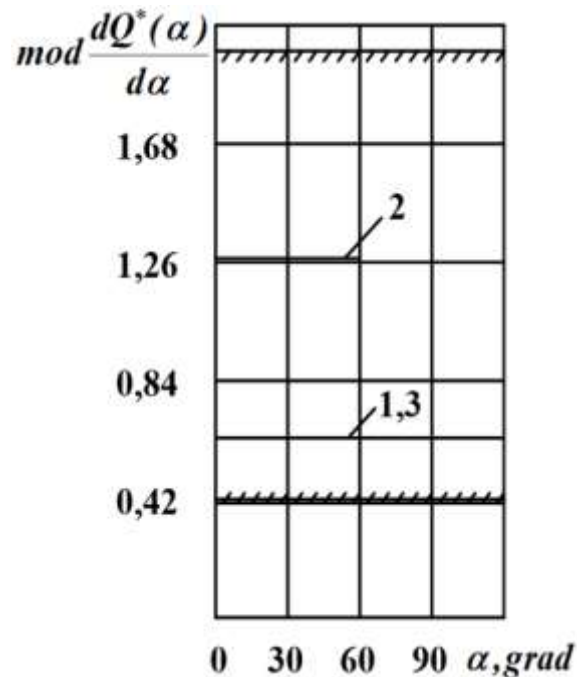
Швидкість зміни реактивної потужності у разі регулювання без фазового зсуву за основною гармонікою за другим варіантом складає:

$$\frac{dQ^*(\alpha)}{d\alpha} = -\frac{1 + e^{-\rho_0\frac{\pi}{3}}}{\pi} e^{\rho_1\left(\alpha-\frac{2\pi}{3}\right)}. \quad (4)$$

За виразами (2) – (4) на рис. 1 побудовано залежності  $\text{mod} \frac{dQ^*(\alpha)}{d\alpha}$  для різних способів регулювання реактивної потужності.

Для кожного з розглянутих способів регулювання модуль швидкості зміни реактивної потужності  $\text{mod} \frac{dQ^*(\alpha)}{d\alpha}$  СТК з примусовою комутацією та ізольованою нейтраллю практично не залежить від кута  $\alpha$  через малі значення питомих опорів  $\rho_0$  і  $\rho_1$  та знаходиться в діапазоні рекомендованих значень швидкодії (рис. 1, заштриховані лінії).

Найбільша швидкодія статичного компенсатора забезпечується шляхом регулювання без фазового зсуву за основною гармонікою за першим варіантом (рис. 1, крива 2).



**Рисунок 1.** Графіки модуля швидкості зміни реактивної потужності СТК з примусовою комутацією та ізольованою нейтраллю під час регулювання: 1 – із фазовим зсувом за основною гармонікою; 2,3 – без фазового зсуву за основною гармонікою, відповідно для першого та другого варіантів

Джерело рисунка: розробка авторів.

**Висновки.** Отже, розглянутий статичний компенсатор з примусовою комутацією дозволяє адекватно реагувати на швидкі зміни реактивного навантаження технологічних об'єктів, що забезпечує конкурентоздатність даних СТК по відношенню до інших компенсаторів реактивної потужності.

### Список літератури

1. Moran, L., Ziogas, P., Joos, G. Analysis and Design of a Three-Phase Synchronous Solid-State VAR Compensator. IEEE Trans. Industry Applications, 1989, Vol. 25, № 4. P. 598–608.
2. Wanner, E., Mathys, R., Hausler, M. Compensation Systems for Industry. Brown Boveri Review, 1983, Vol. 70. P. 330–340.
3. Hingorani, N., Gyugyi, L. Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible AC Transmission Systems. New York : IEEE Press, 2000. 452 p.
4. Rashid, M. H. Power Electronics Handbook. 2018. Oxford : Butterworth-Heinemann, 1496 p.
5. Петухов, М. В., Літковець, С. П. Пат. 72838 UA, МПК G05F 1/70 (2006.01). Регулятор реактивної потужності. Заявники та власники патенту М. В. Петухов, С. П. Літковець. № и 2012 02980; заявл. 14.03.2012; опубл. 27.08.2012, Бюл. № 16. 4 с.

6. Петухов, М. В., Літковець, С. П. Статичний тиристорний компенсатор з примусовою комутацією та ізольованою нейтраллю й схема керування ним. Східно-Європейський журнал передових технологій, 2014, 68 (2/8), С. 28–35.

## **SUSTAINABLE WATER RESOURCES MANAGEMENT IN LVIV: HISTORICAL CONTEXT AND PUBLIC ENGAGEMENT**

**Hnatiak Ihor**

Head of the Landscape Monitoring Laboratory  
of the Chornohora Geographical Station  
Ivan Franko National University of Lviv

**Yuriy Zinko**

Senior Lecturer, Tourism Department of the Faculty of Geography  
Ivan Franko National University of Lviv

**Hnatiak Oksana**

Student of the Faculty of Geography  
Ivan Franko National University of Lviv

**Shevchuk Oksana**

Lecturer, Tourism Department of the Faculty of Geography  
Lead Specialist, Educational-Training Laboratory "Educational Tourist Agency"  
Ivan Franko National University of Lviv

In October 2025, the Forum "Water and Communities: Partnership for the Future" took place in Lviv, organized by several non-governmental organizations in cooperation with the municipal water utility and local authorities. The purpose of the Forum was to consolidate the efforts of communities, experts, and businesses in finding effective solutions to reduce the negative impact of untreated wastewater on the environment and human health, as well as to collaborate on implementing sustainable water resources management. The Forum also became a platform for exchanging international experience: guests from the USA, Israel, and Poland spoke about models of joint water resources management, innovative wastewater treatment technologies, and water quality monitoring.

During the event, two panel discussions were held: "Water and Communities: Cooperation for the Future"—a discussion on the state of environmental control in Ukraine, strengthening the role of communities in water resources protection, initiatives to create municipal environmental inspectorates, and stormwater management in Lviv; and "Water Education: The Key to Sustainable Community Development"—a discussion on the importance of environmental education and shaping a conscious attitude towards water among the youth [1,2]. Experts emphasized that educational work with children and youth, along with the involvement of schools, educational institutions, and NGOs, is a vital component of environmental policy. Modern approaches to water education, the promotion of water conservation, the

formation of an ecological culture, and the development of partnerships between municipal enterprises, communities, and educational institutions were thoroughly discussed [3].

It is worth noting that the approaches declared at the Forum are not entirely new to the city—Lviv possesses a deep history of such cross-sectoral interaction. In particular, the foundation for systematic cooperation between municipal enterprises and the non-governmental sector was laid back in the late 1990s, thanks to the initiatives of an environmental non-governmental organization (NGO).

In 1998, this organization, together with the public relations department of the municipal water utility, implemented the project "Water for Lviv: Public Relations," with organizational assistance from American NGOs and financial support from grant organizations. A public information center was established, an information bulletin and educational video films were produced, and water-related public campaigns were held in the city. The city's public was informed about the state of the water supply, drinking water quality, and methods for its conservation.

The next stage was cooperation in developing the program "Lviv: Agenda for the 21st Century," towards which the project "Independent Information on the Operation of the City's Municipal Economy" was directed, carried out with the financial support of American grant organizations. The goal of the presented project was to more broadly involve the public in solving the city's municipal problems through information and educational campaigns, as well as independent expert assessments.

The presented project contributed to the democratization of relations between the residents of Lviv and surrounding villages and the city's municipal services responsible for water supply, as well as waste collection and disposal. This democratization manifested through the provision of independent information about the work of municipal services (bulletins, leaflets, mass media), alongside conclusions from independent experts regarding drinking water quality and the environmental situation around the city landfill.

The information provision for the project included:

- Publishing a monthly municipal bulletin "Clean Lviv" (10 issues);
- Publishing informational leaflets for campaigns (8 leaflets);
- Informational support for mass media (22 publications).

For educational purposes, the environmental NGO, jointly with a publishing house and a film studio, published a booklet (500 copies) and prepared a video film (10 minutes) on waste sorting. The bulletin, booklet, and video film were distributed among city residents, educational institutions, municipal services, and mass media, and are actively used for educational purposes.

Furthermore, the environmental NGO, in collaboration with municipal services, held two round tables: "Waste Cleaning in the City" (November 2000) and "Mass Media and the City's Municipal Problems" (February 2001). With the participation of NGOs, municipal services, and mass media, the first meeting discussed ways to improve waste cleaning in the city. At the second meeting, the main results of the project were presented to the mass media (6 major newspapers and 3 radio stations), and journalists were awarded for the best publications on municipal topics. The results

of the round tables were widely covered in the press. It should be noted that at that time, traditional mass media (print press and radio) were the most widespread source of information for the population. This historical context is important to consider when adapting past experience to modern realities, where social networks and digital platforms have become the main tools for interacting with the public and disseminating environmental education.

As part of the project, an educational excursion to the Lviv wastewater treatment plant was held for students of the Faculty of Geography on February 27, 2001, with the participation of the municipal water utility. The students became acquainted with the city's wastewater treatment technology. Such a personal, emotional, and sensory experience—the opportunity to see the volume of pollution with one's own eyes and physically feel the specifics of the treatment process (including through the pungent odor)—made a much stronger impression than theoretical learning. This became a powerful incentive for the youth to reconsider their domestic habits and develop a more responsible, thrifty attitude towards water.

Expert chromatographers, together with the environmental NGO, sampled and analyzed drinking water from various districts of the city (10 samples). The high quality of Lviv's drinking water was confirmed. Proposals for the Municipal Environmental Program were drafted.

A public discussion was held on the environmental protection measures of the Water Supply and Wastewater System Modernization Project, financed by a global credit organization. The organizers were several city NGOs and the municipal water utility. The discussion took place in November 2000 with the participation of representatives of municipal services, ecologists, and NGOs (44 people in total). It was recommended to finalize the project's environmental protection measures in accordance with current regulatory documents and to establish public oversight of the project [4,5]. Holding such hearings was a procedural requirement for granting a loan from the global credit organization; however, it was the active participation of local NGOs that prevented a merely formal approach. As a result, this event ensured genuine "greening" of the planned works and established effective mechanisms for independent control, taking a significant step in transitioning the water utility's management from a closed administrative model to an accountable dialogue with the community.

On the initiative of the environmental NGO, and with the participation of the municipal water utility and water meter sales companies in Lviv, three two-day promotional mobile campaigns (December 19-20 and 25-26, 2000, and January 24-25, 2001) were held regarding the installation of water meters – "A Water Meter in Every Lviv Apartment." A large city bus, rented with project funds, was transformed into a mobile info-center: the interior was decorated with thematic posters, and during the free ride, passengers were invited to fill out a questionnaire. The innovativeness of the approach also lay in the use of incentive elements: upon exiting, each participant received an informational brochure and a balloon or a symbolic gift—a cork, which served as a metaphor for water conservation. This creative "field" format allowed for establishing direct and positive contact with hundreds of townspeople. Successful feedback and survey results (72.5% willing to install meters) proved that thanks to

proper communication, residents were psychologically ready to abandon outdated consumption norms. The atmosphere of trust created in this way significantly facilitated the further implementation of the Project, ensuring the municipal water utility's smooth transition to financial stability.

In general, the dynamics of the growth in the number of water meters in Lviv from 2000 to 2025 is divided into three distinct stages. The most significant, revolutionary growth was observed during Stage I (2000–2010), when the coverage level rose from a critically low 19% to 46% due to the Project. This transformation ensured the transition of the municipal water utility from a loss-making to a financially sustainable operation. Subsequent stages were aimed at consolidating the achieved results, fulfilling the requirements of national legislation on commercial metering, and supporting operational continuity under the influence of external factors.

Before the large-scale modernization within the framework of projects of an international credit organization (around 2000), the level of equipment with individual meters in Lviv was extremely low, covering only 19% of households. This created a fundamental problem for the municipal water utility in terms of commercial activity. In the absence of actual metering data, the enterprise was forced to estimate consumption, relying on government norms — 6.7 m<sup>3</sup> per person per month, or 230 liters per person per day. The use of these inflated norms led to a severe underestimation of the actual level of unaccounted-for water and masked real losses in the network, as a significant portion of "consumption" was merely a calculated assumption, rather than a commercially confirmed fact.

The Project, an updated version of which was approved by government officials in June 2000, aimed to "improve the availability and quality of water supply at an affordable level in Lviv" and restore trust in the sector. Initially, it was envisaged to involve a foreign operator for management, but this model was replaced by advisory services, which required the municipal water utility to take direct responsibility for implementing operational improvements and metering. The large-scale meter installation program, which became part of this project, was the main driver of financial stabilization. Thanks to this program, by late 2007 – early 2008, household meter coverage grew to 46%. This shift from 19% to 46% over eight years was critically important, as it allowed the municipal water utility to transition for the first time from norm-based assumptions to actual commercial metering, which is an essential foundation for any financially sustainable municipal company.

Another significant achievement of the Project's implementation was the reduction in electricity consumption and the expansion of the city's water supply schedule. Specifically, before the Project's launch in 2002, only 20% of residents enjoyed a 24-hour water supply, another 9% had water for more than 10 hours a day, 60% received water on a 6-hour daily schedule, and 11% suffered from unsatisfactory water supply (less than 6 hours). Accordingly, after the completion of the Project and the creation of hydraulic zones within the water supply network, the state of the city's water supply in January 2009 was as follows: 24-hour and 18-hour daily supply — 89% of residents, and another 11% — on an extended schedule of 8-12 hours a day. As of October 2023, all residents of the city have round-the-clock water supply.

The importance of this technical and metering foundation laid in the 2000s became especially evident from 2022, when Lviv faced a massive influx of internally displaced persons (IDPs), which put extreme pressure on the municipal infrastructure. A high level of metering provides reliable data for strategic planning, allowing the water utility to efficiently identify loss zones and maintain operational resilience in the face of external challenges.

Thus, during the first stage, a substantial shift occurred in the modernization of water supply and the installation of meters. An integral part of this success was the cooperation with city NGOs, particularly with the environmental NGO. All this proves the significance of environmental and educational work: removing psychological barriers among the population and shaping a culture of consumption are just as important as replacing pipes. Today, at the stage of expanding the Lviv community and creating an agglomeration, during the development and implementation of the "Lviv Water Vision up to 2100", cooperation with NGOs and high-quality educational work remains a vital condition for the sustainable development of the city.

### References

1. Lviv Ecological Foundation [@eco\_water\_lviv]. (2025). Water & Communities: Партнерство заради майбутнього [Instagram photo]. Instagram. Retrieved from <https://www.instagram.com/p/DQWmD-bjIal/>
2. Lviv Ecological Foundation. (2025). Water & Communities: Партнерство заради майбутнього [Facebook post]. Facebook. Retrieved from <https://www.facebook.com/lvivecologicalfoundation/posts/791062113542748/>
3. Department of Ecology and Natural Resources of Lviv Regional State Administration. (2025, October 23). У Львові відбувся форум Water and Communities: партнерство заради майбутнього [Facebook post]. Facebook. Retrieved from <https://www.facebook.com/ekologialoda/posts/1228910522603399/>
4. Zinko, Y., & Hnatiak, I. (2001). Informatsiia pro hromadske slukhannia Planu pryrodookhoronnykh zakhodiv proektu «Modernizatsiia systemy vodopostachannia ta vodovidvedennia m. Lvova» [Information on the public hearing of the Environmental Protection Plan of the project "Modernization of the water supply and wastewater system of Lviv"]. Chystyi Lviv, 9, 6.
5. Informatsiia pro hromadske slukhannia planu pryrodookhoronnykh zakhodiv proektu «Modernizatsiia systemy vodopostachannia ta vodovidvedennia m. Lvova» [Information on the public hearing of the environmental protection plan of the project "Modernization of the water supply and wastewater system of Lviv"]. (2001). Chystyi Lviv, 9, 7–8.

# ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ КОЛЬОРОВОЇ ПАЛІТРИ БОРОШНЯНИХ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ НЕТРАДИЦІЙНИХ ЗЕРНОВИХ ТА БОБОВИХ КУЛЬТУР

**Клягін Юрій Всеволодович,**  
аспірант

**Неміріч Олександра Володимирівна**  
д.х.н, професорка

**Запорожець Юлія Владиславівна**  
к.х.н, доцент

**Польовик Володимир Вікторович**  
к.т.н., старший викладач  
Національний університет харчових технологій

## Вступ

Формування кольорової палітри борошняних виробів є важливим технологічним показником, що впливає на споживчу привабливість, ідентифікацію продукту та сприйняття його функціональної цінності. Використання нетрадиційних зернових і бобових культур, зокрема нуту, амаранту та гречки, дає змогу одночасно коригувати колір, підвищувати вміст білка й харчових волокон, а також розширювати асортимент борошняної продукції оздоровчого спрямування.

## Матеріали та методи

Для моделювання рецептурної композиції прийнято суміш, що містить 60 % пшеничного борошна, 20 % нутового борошна, 10 % амарантового борошна та 10 % гречаного борошна. Розрахунок харчової цінності виконано методом внеску кожного компонента у 100 г сухої борошняної суміші [1].

Розрахунок проводили за формулою:  $X_{\text{сум}} = \sum(m_i \cdot X_i / 100)$ , де  $X_{\text{сум}}$  — вміст нутрієнта у суміші, г/100 г;  $m_i$  — масова частка компонента, %;  $X_i$  — вміст нутрієнта у відповідному виді борошна, г/100 г. Енергетичну цінність визначали за коефіцієнтами: білки — 4 ккал/г, жири — 9 ккал/г, вуглеводи — 4 ккал/г.

## Результати розрахунку харчової цінності

**Таблиця 1.**

Розрахунок внеску компонентів у БЖВ та клітковину борошняної суміші

Компоне нт	Частк а, %	Білк и, г/100 г	Жир и, г/100 г	Вуглевод и, г/100 г	Клітковин а, г/100 г	Внесо к білків , г	Внесо к жирів , г	Внесок вуглеводі в, г	Внесок клітковин и, г
Пшеничн е борошно	60	10.30	1.10	76.30	2.70	6.18	0.66	45.78	1.62
Борошно нуту	20	22.40	6.70	57.80	10.80	4.48	1.34	11.56	2.16
Амаранто ве борошно	10	14.50	6.50	66.20	6.70	1.45	0.65	6.62	0.67
Гречане борошно	10	12.60	3.10	70.60	10.00	1.26	0.31	7.06	1.00
Разом у суміші	100					13.37	2.96	71.02	5.45

За результатами розрахунку 100 г запропонованої борошняної суміші містить: білків — 13.37 г, жирів — 2.96 г, вуглеводів — 71.02 г, харчових волокон — 5.45 г. Орієнтовна енергетична цінність становить:  $13.37 \cdot 4 + 2.96 \cdot 9 + 71.02 \cdot 4 = 364.2$  ккал/100 г суміші.

### Модель впливу температури випікання на колір виробу

Під час випікання колір поверхні борошняного виробу формується переважно внаслідок реакцій Майяра між редукуючими цукрами і аміногрупами білків та амінокислот [2-3]. Підвищення температури інтенсифікує утворення меланоїдинів, що зменшує світлоту  $L^*$ , підвищує червоно-коричневу складову  $a^*$  та змінює жовту складову  $b^*$ .

Для оцінювання впливу температури використано умовну модель відносної інтенсивності меланоїдиноутворення:  $M(T) = \exp[0,035 \cdot (T - 160)]$ , де  $T$  — температура випікання, °C [4-5]. Індекс потемніння розраховано як  $BI = (100 - L^*) + a^* + 0,5b^*$ . Зміна кольору відносно режиму 160 °C оцінена через  $\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$ .

**Таблиця 2**

Модельний вплив температури випікання на показники кольору  $L^*a^*b^*$

Температура, °C	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$M(T)$ , відн. од.	ВІ	$\Delta E^*$ до 160 °C	Технологічна інтерпретація
160	69.50	4.20	22.50	1.00	45.95	0.00	Світла скоринка, слабе потемніння
180	62.00	7.80	25.00	2.01	58.30	8.69	Оптимальна золотисто-коричнева палітра
200	53.50	10.90	21.00	4.06	67.90	17.41	Інтенсивне потемніння, ризик надмірного забарвлення

Модель свідчить, що за підвищення температури з 160 до 180 °C світлота виробу зменшується з 69,5 до 62,0 од., а індекс потемніння зростає з 45,95 до 58,30. Це свідчить про посилення золотисто-коричневого забарвлення без надмірного затемнення. За 200 °C спостерігається різке зменшення  $L^*$  до 53,5 та збільшення  $\Delta E^*$  до 16,77, що може погіршувати органолептичне сприйняття через надто темний колір.

#### Узагальнена характеристика кольорової палітри виробу

**Таблиця 3**

Прогнозована характеристика кольору виробів залежно від рецептурного та температурного фактора

Фактор	Очікувана зміна $L^*$	Очікувана зміна $a^*$	Очікувана зміна $b^*$	Пояснення
Додавання нутового борошна	Незначне зниження	Помірне підвищення	Підвищення	Кремowo-жовтий відтінок завдяки природним пігментам і білковим сполукам
Додавання амарантового борошна	Помірне зниження	Помірне підвищення	Стабілізація	Формування світло-коричневого тону та підсилення функціональної цінності
Додавання гречаного борошна	Виражене зниження	Підвищення	Може знижуватись при високій температурі	Темніший відтінок через фенольні сполуки
Підвищення температури випікання	Зниження	Підвищення	Спочатку підвищення, потім зниження	Активізація реакцій Майяра і накопичення меланоїдинів

#### Висновки

Запропонована рецептурна композиція на основі пшеничного, нутового, амарантового та гречаного борошна забезпечує підвищену харчову цінність: 13.37 г білка та 5.45 г клітковини на 100 г сухої суміші. Найбільш доцільним

температурним режимом з позиції формування кольору можна вважати 180 °С, оскільки за цього режиму досягається виражене золотисто-коричнє забарвлення без надмірного зменшення показника  $L^*$ . Використання системи  $L^*a^*b^*$  дозволяє кількісно описати колір виробу та обґрунтувати технологічні параметри випікання на науковому рівні.

### **Список літератури**

1. FoodData Central. U.S. Department of Agriculture. Nutrient data for cereal grains and flour products. URL: <https://fdc.nal.usda.gov/>
2. Lohinova A., Kyrylenko Y., et al. Maillard reaction in food technologies. Ukrainian Journal of Food Science. 2023. Vol. 11, Issue 2.
3. Purlis E. Browning development in bakery products – A review. Journal of Food Engineering. 2010. Vol. 99. P. 239–249.
4. Mokrzycki W. S., Tatol M. Colour difference  $\Delta E$  – A survey. Machine Graphics and Vision. 2011. Vol. 20. No. 4. P. 383–411.
5. Нечаев А. П., Траубенберг С. Е., Кочеткова А. А. Харчова хімія: технологічні аспекти перетворень харчових компонентів. Навчальні матеріали з харчової хімії.

# REGIONAL CLIMATE CHANGE SCENARIOS AND THEIR FORECASTING UNTIL 2050 USING GIS TECHNOLOGIES

**Korol Roksolana,**  
Student

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

**Nataliia Taranova,**

PhD in Geography, Associate Professor

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

## **Abstract**

Climate change is becoming one of the most significant environmental and socio-economic challenges of the twenty-first century. Regional climate transformations are characterized by increasing air temperatures, changes in precipitation distribution, intensification of droughts, and growing frequency of extreme weather events. Under such conditions, Geographic Information Systems (GIS) and climate modeling technologies play an important role in the assessment and forecasting of regional climate processes. The study examines regional climate change scenarios in Ukraine and their forecasting until 2050 using GIS technologies, satellite monitoring, and spatial analysis methods. Particular attention is paid to the integration of meteorological observations, remote sensing data, and geospatial analytical tools for identifying climate anomalies and vulnerable territories. The research demonstrates that GIS-based modeling significantly improves the accuracy of climate forecasting and environmental risk assessment. The obtained results may be applied for climate adaptation planning, sustainable environmental management, and regional policy development.

**Keywords:** climate change, GIS technologies, climate forecasting, regional climate scenarios, spatial analysis, remote sensing, environmental monitoring, Ukraine

## **Introduction**

Climate change has become a global challenge affecting environmental stability, economic development, and social security worldwide. According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), modern climate transformations are primarily anthropogenic and are manifested through increasing global temperatures, changing precipitation regimes, glacier melting, and intensification of extreme weather phenomena [1]. The World Meteorological Organization confirms that recent years have been the warmest in the history of meteorological observations [2].

Ukraine is also experiencing substantial regional climate transformations. Increasing average annual temperatures, prolonged dry periods, irregular precipitation

distribution, and intensification of hydrometeorological hazards significantly affect agriculture, water resources, ecosystems, and regional development [4]. These processes require modern scientific approaches capable of integrating large climate datasets and conducting spatial analysis.

In this context, Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing technologies provide effective opportunities for analyzing regional climate processes and forecasting future climate scenarios. GIS technologies allow the integration of meteorological observations, satellite imagery, and climate databases into unified analytical systems for spatial modeling and climate risk assessment [3].

The purpose of the study is to investigate regional climate change scenarios in Ukraine and to forecast their development until 2050 using GIS technologies and geospatial analytical methods.

The scientific novelty of the research lies in the integration of GIS-based spatial analysis, satellite monitoring, and climate modeling approaches for regional climate forecasting under contemporary climate change conditions in Ukraine.

### **Materials and Methods**

The methodological basis of the research includes GIS-based spatial analysis, comparative climate assessment, climate modeling, and remote sensing methods. The study used:

- meteorological observations;
- satellite remote sensing data;
- Copernicus climate products;
- GIS software tools including ArcGIS, QGIS, and Google Earth Engine.

Special attention was paid to the spatial analysis of temperature and precipitation changes, identification of climate anomalies, and modeling of regional climate scenarios until 2050.

Spatial interpolation, climate trend analysis, and visualization methods were used to identify regions with increased climate vulnerability and environmental risks.

### **Results and Discussion**

The conducted analysis confirms that climate changes in Ukraine demonstrate significant spatial differentiation. GIS-based climate modeling indicates a steady increase in average annual air temperature across most regions of the country. According to climate projections, temperature growth may reach 1.5–2.5 °C by 2050 compared to the climatic baseline period [1; 2].

The most pronounced warming tendencies are expected in southern and eastern regions, where climate aridization processes may intensify. At the same time, western regions are expected to experience increased precipitation variability and more frequent hydrological extremes.

Spatial analysis using GIS technologies revealed several major climate trends:

- increasing frequency of heat waves;
- expansion of drought-prone territories;
- growing irregularity of seasonal precipitation;
- intensification of extreme hydrometeorological phenomena.

The integration of remote sensing data and GIS modeling significantly improves the identification of climate-vulnerable territories and environmental risk zones. Satellite monitoring data demonstrate decreasing vegetation productivity in several regions, particularly in steppe areas exposed to prolonged dry conditions.

Table 1 presents the main projected regional climate changes in Ukraine until 2050.

**Table 1**  
Projected regional climate trends in Ukraine until 2050

<b>Climate Indicator</b>	<b>Expected Changes</b>	<b>Potential Consequences</b>
Average annual temperature	Increase by 1.5–2.5 °C	Heat stress, ecosystem transformation
Precipitation distribution	Increased irregularity	Floods and droughts
Frequency of extreme events	Significant increase	Climate-related hazards
Vegetation productivity	Decrease in southern regions	Land degradation risks

Source: compiled by the authors based on [1–5].

The obtained results confirm that GIS technologies provide effective tools for climate forecasting, spatial visualization, and environmental risk assessment. Their practical application is especially important for regional adaptation planning and sustainable environmental management.

#### Conclusions

Thus, regional climate changes in Ukraine are characterized by increasing air temperatures, transformation of precipitation regimes, and intensification of climate-related hazards.

The conducted GIS-based analysis demonstrates that modern geoinformation technologies significantly improve the effectiveness of climate monitoring and forecasting until 2050. Spatial modeling allows the identification of vulnerable territories and the assessment of potential environmental risks under future climate scenarios.

The results indicate that southern and eastern regions of Ukraine may experience the greatest climate pressure due to increasing aridity and thermal anomalies. At the same time, western regions are expected to face increased precipitation variability and hydrological instability.

Consequently, GIS technologies and remote sensing methods form an important scientific basis for climate adaptation planning, regional environmental policy, and sustainable territorial development under contemporary climate change conditions.

#### References

1. Climate Change 2023: Synthesis Report / Intergovernmental Panel on Climate Change. – Geneva : IPCC, 2023. – 184 p.
2. State of the Global Climate 2023 / World Meteorological Organization. – Geneva : WMO, 2024. – 54 p.

3. Climate Change Impacts in Europe / European Environment Agency. – Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2022. – 168 p.
4. Climate of Ukraine: Current Changes [Електронний ресурс] / Ukrainian Hydrometeorological Center. – Kyiv, 2020. – Режим доступу: <https://meteo.gov.ua/> (дата звернення: 12.05.2026).
5. Climate Risk Profile: Ukraine / World Bank Group. – Washington, DC : World Bank, 2021. – 32 p.

# WEB APPLICATION FOR VISUALIZING THE ACTION OF METASYMMETRIC AND METAALTERNATING GROUPS ON ROOTED TREES

**Sikora Vira**

candidate of ph.-math. sciences,  
associate professor of the Department of Algebra and Informatics,  
Faculty of Mathematics and Informatics,  
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine

**Yurchenko Oleh**

master's student of the Department of Applied Mathematics  
and Information Technologies,  
Faculty of Mathematics and Informatics,  
Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Ukraine

## Introduction

Modern geometric group theory actively employs the methods of computer algebra, automata theory, and dynamical systems to study the automorphism groups of regular rooted trees [1–5]. A separate and significant place in this theory is occupied by the iterated wreath products of finite groups [6–10]. The study of such profinite algebraic structures allows for the construction of new examples of groups with exotic properties, in particular, groups of infinite rank, groups of intermediate growth, and self-similar (fractal) groups.

Of particular interest are the infinitely iterated wreath products of symmetric ( $S_d$ ) and alternating ( $A_d$ ) groups [4], which form metasymmetric and meta-alternating groups, respectively. Even though the properties of finite symmetric groups have been studied in great detail, their infinite iterated wreath products conceal a deep and complex structure related to the topology of profinite spaces and the geometry of Schreier graphs. Due to the high computational complexity of the problem of directly describing such groups, there is an urgent need to develop specialized software for conducting computational experiments that would allow generating and visualizing the action of these groups on finite approximations (levels of the rooted tree).

## Problem Statement

The main objective of this study is a comprehensive (theoretical and computational) investigation of the structure of infinitely iterated wreath products of finite symmetric and alternating groups of infinite rank.

To achieve this goal, the following tasks were set:

1. To characterize the structure of metasymmetric and meta-alternating groups as profinite algebraic objects and to calculate their orders in the corresponding topology [5].

2. To develop an efficient method for constructing finite generating sets for meta-alternating groups (in particular, in the form of finite Mealy automata [3]) and to construct their explicit examples.

3. To characterize the normalizer of a meta-alternating group in the corresponding metasymmetric group and to find the conditions under which the meta-alternating group is perfect (coincides with its commutator subgroup).

4. To develop interactive software for visualizing the action of the found generating sets on regular rooted trees and automating the search for global permutations (cycle decomposition) at various approximation levels.

### Description of the Mathematical Model

To study the infinitely iterated wreath products of finite symmetric and alternating groups, it was decided to use their natural geometric representation. From an algebraic point of view, it is most convenient to realize such groups as subgroups of the group of all automorphisms of regular rooted trees.

Let  $T_d$  be a regular  $d$ -ary rooted tree, the vertex set of which is naturally identified with the set of all finite words over the alphabet  $X = \{0, 1, \dots, d-1\}$ . A vertex  $w = x_1 x_2 \dots x_n$  is located at level  $n = |w|$ , and the root of the tree corresponds to the empty word  $\emptyset$ . Two words  $u, v \in X^*$  are connected by an edge if and only if  $v = ux$  for some  $x \in X$  [1].

Every automorphism  $g \in \text{Aut}(T_d)$  preserves the tree structure (the root is mapped to the root, and vertex adjacency is maintained). Thus, the action of an automorphism  $g$  on an arbitrary word  $wx \in X^*$  (where  $w \in X^*$ ,  $x \in X$ ) can be recursively described by the following equation:

$$g(wx) = g(w)\pi_{g,w}(x), \tag{1}$$

where  $\pi_{g,w} \in S_d$  is a local permutation (also known as a state or section) acting on the alphabet  $X$  and depending on the automorphism  $g$  and the vertex  $w$ . This infinite set of local permutations  $\{\pi_{g,w}\}_{w \in X^*}$  completely and uniquely defines the automorphism  $g$  (the so-called "portrait of an automorphism").

Since direct computation in infinite (profinite) groups by software means is impossible due to limited computational resources, the developed software product is conceptually oriented towards modeling finite approximations of these groups. The software model operates with tree truncations to a specified finite depth  $k$ . The automorphism group of the  $k$ -th level is isomorphic to the  $k$ -fold iterated wreath product of the base group  $S_d$ :

$$W_k \cong S_d \underbrace{\wr S_d \wr \dots \wr S_d}_k. \tag{2}$$

Algebraically, this construction can be defined recursively as  $W_k = W_{k-1} \wr S_d$ . The global action of such an automorphism at level  $k$  manifests itself in a permutation of the set of  $d^k$  leaves of the tree.

The full automorphism group  $Aut(T_d)$  (which is a metasymmetric group) is endowed with the topology of a profinite group [5] and is mathematically defined as the inverse limit of the finite groups  $W_k$  with natural projection homomorphisms  $\varphi_k : W_k \rightarrow W_{k-1}$ :

$$M(S_d) = Aut(T_d) = \lim_{\substack{\leftarrow \\ k \rightarrow \infty}} W_k. \quad (3)$$

Accordingly, the meta-alternating group  $M(A_d)$  is approximated by strictly restricting the local permutations exclusively to even ones ( $\pi_{g,w} \in A_d$ ) for all nodes of the tree:

$$M(A_d) = \{g \in Aut(T_d) \mid \forall w \in X^* : \pi_{g,w} \in A_d\}. \quad (4)$$

Thanks to this approach, the inverse limit of these finite groups forms a profinite group, the properties of which (for example, subgroup indices, the structure of normalizers or commutators) we can extrapolate by analyzing the behavior of the visualized system at levels  $k = 1, 2, 3, \dots, n$ .

### Architecture and Justification of the Technology Stack

To ensure cross-platform compatibility, a high level of interactivity, and the convenience of disseminating research results among the scientific community, the software tool was implemented as a client-side web application (Single Page Application). This architectural approach eliminates the need to deploy complex server-side computational resources, shifting all mathematical calculations to the client side (into the browser).

The choice of specific technologies was based on the requirements for the performance of graph computations and the convenience of declarative interface description:

1. *JavaScript programming language (ES6+ standard)*: the choice is justified by the versatility of the language for the web environment. Modern JavaScript engines (e.g., V8) utilize JIT compilation, which provides sufficient speed for recursive tree traversal up to a depth of 6-7 levels and the execution of symbolic algebraic computations in real time.

2. *React.js interface library*: several alternatives were considered for visualizing dynamic graphs, including D3.js and the Canvas API. However, the choice was made in favor of React due to its Virtual DOM mechanism and unidirectional data flow. Since the state of the tree (the set of local permutations) can change every second, React allows for declaratively describing the tree graph as a function of its state. The use of optimization hooks (useMemo, useCallback) prevents unnecessary re-renders, significantly increasing performance (up to 60 frames per second during automorphism animations).

3. *Scalable Vector Graphics (SVG) subsystem*: unlike the raster-based Canvas technology, SVG integrates directly into the browser's DOM tree. This allowed attaching events (click, hover) to each individual node and edge of the tree without the need to program complex raycasting algorithms to determine cursor coordinates.

Furthermore, SVG provides infinite scalability without loss of quality, which is crucial for exporting graphs to scientific publications in PDF or EPS formats.

4. *Tailwind CSS styling*: the use of a utility-first framework accelerated the development of a responsive and ergonomic interface while maintaining a strict academic style of data presentation.

### Algorithmic Implementation of Key Modules

The developed application has a modular structure and consists of several interconnected algorithmic blocks, each responsible for a separate mathematical abstraction.

#### *Dynamic Tree Construction and Routing*

The basis of the visualization is a recursive algorithm for constructing a tree on a plane. Unlike classical static tree drawing algorithms (for example, the Reingold-Tilford algorithm), the coordinates of the nodes in the developed system are dynamic and depend directly on the currently active automorphism in the group.

The traversal function `traverse(id, currentDepth, minX, maxX, y)` receives the available horizontal space  $[minX, maxX]$ . If a node contains a non-trivial local permutation  $\pi \in S_d$ , its child node with index  $i$  is physically directed to the slot corresponding to the value  $\pi(i)$ . This spatial transformation is calculated using the formula:

$$x_{\text{child}} = \text{minX} + \pi(i) \cdot \Delta x + \frac{\Delta x}{2},$$

where  $\Delta x = \frac{\text{maxX} - \text{minX}}{d}$  is the width of the screen segment allocated for one

branch. Thanks to this mathematical approach, when the local state of any node changes, the child branches of the tree smoothly "intertwine" on the screen due to CSS transitions. This allows visualizing not only the statics of the group but also the mathematical essence of the process of applying an automorphism itself. The computational complexity of the rendering algorithm is  $O(d^k)$ , which is optimal since the number of nodes in a regular tree grows exponentially.

#### *Calculation of the global permutation (cycle decomposition)*

To verify deep algebraic properties of group elements (for example, determining whether an element belongs to the commutator subgroup, checking if the group is perfect, or calculating the order of an element), the program automatically analyzes the action of the current automorphism on the boundary of the tree (the lowest visible level of leaves).

The algorithm performs the following steps:

1. *Symbolic path tracing*: for each of the  $d^k$  leaves, encoded by a word  $w$  of length  $k$  in the alphabet  $X$ , the algorithm symbol-by-symbol computes its image  $w'$ .

The symbol  $x_j$  at the  $j$ -th level transitions into the symbol  $y_j = \pi_v(x_j)$ , where  $\pi_v$  is the local permutation at the node  $v$  reached by the prefix  $x_0x_1\dots x_{j-1}$ .

2. *Bijection construction*: a dictionary of mappings  $M : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$  is formed, which matches each initial index of a leaf with its new index after the action of the automorphism.

3. *Cycle search algorithm*: after obtaining a bijection on the set of  $d^k$  elements, the algorithm uses a Set data structure to track visited elements. Iterating through unvisited indices, it forms the orbits of the action of this bijection and extracts an array of independent cycles, ignoring fixed points (cycles of length 1).

4. *Result formatting*: the resulting array is converted into the classical string mathematical format used in abstract algebra, for example:  $(1\ 4\ 2)(3\ 5)$ .

### *Modeling Finite Automata (Mealy Machines)*

In accordance with the theoretical provisions regarding the construction of finite generating sets for meta-alternating groups, the program implements a full-fledged module for initializing and applying finite Mealy machines. It is known that self-similar groups can be generated by the action of such automata on words [1, 3].

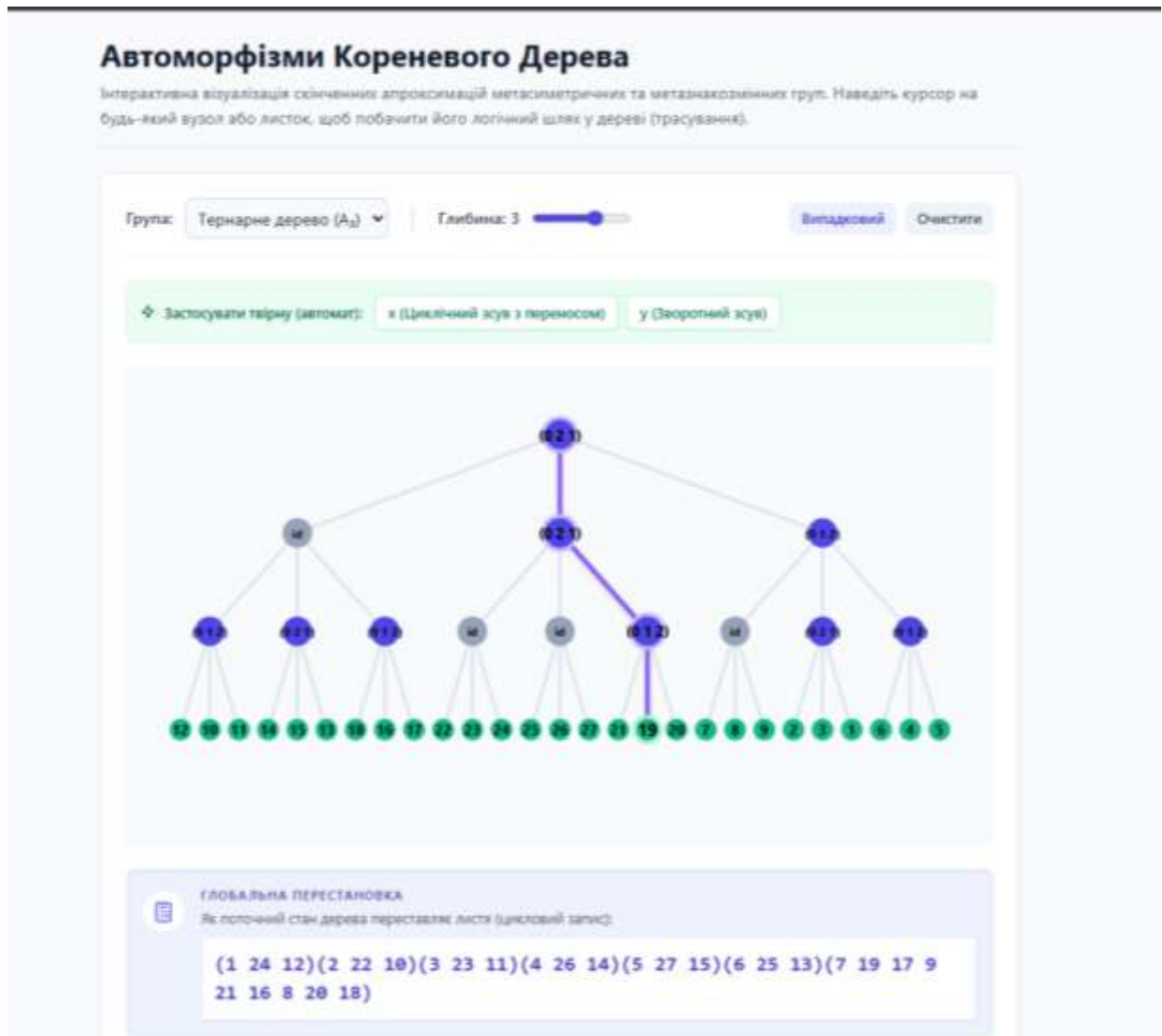
An automaton is implemented as an object defined by a set of states  $Q$ , where each state  $q \in Q$  determines two components: an output function (local permutation)  $\sigma_q \in S_d$ ; and a transition function  $f : Q \times X \rightarrow Q$ , which indicates the state of the automaton when transitioning to the next level of the tree.

The user interface implements a recursive function `handleApplyGenerator`. This method, receiving the starting state of the automaton, traverses the entire tree top-down to level  $k$ , sequentially assigning a permutation to each node according to the current state, and calculating new states for child branches using the transition function. The presence of this module allows generating fractal automorphisms of a complex nature in one click (such as cyclic shifts with carry or an automaton generating an adding machine) and studying their properties.

### **User Interface and Interaction Ergonomics**

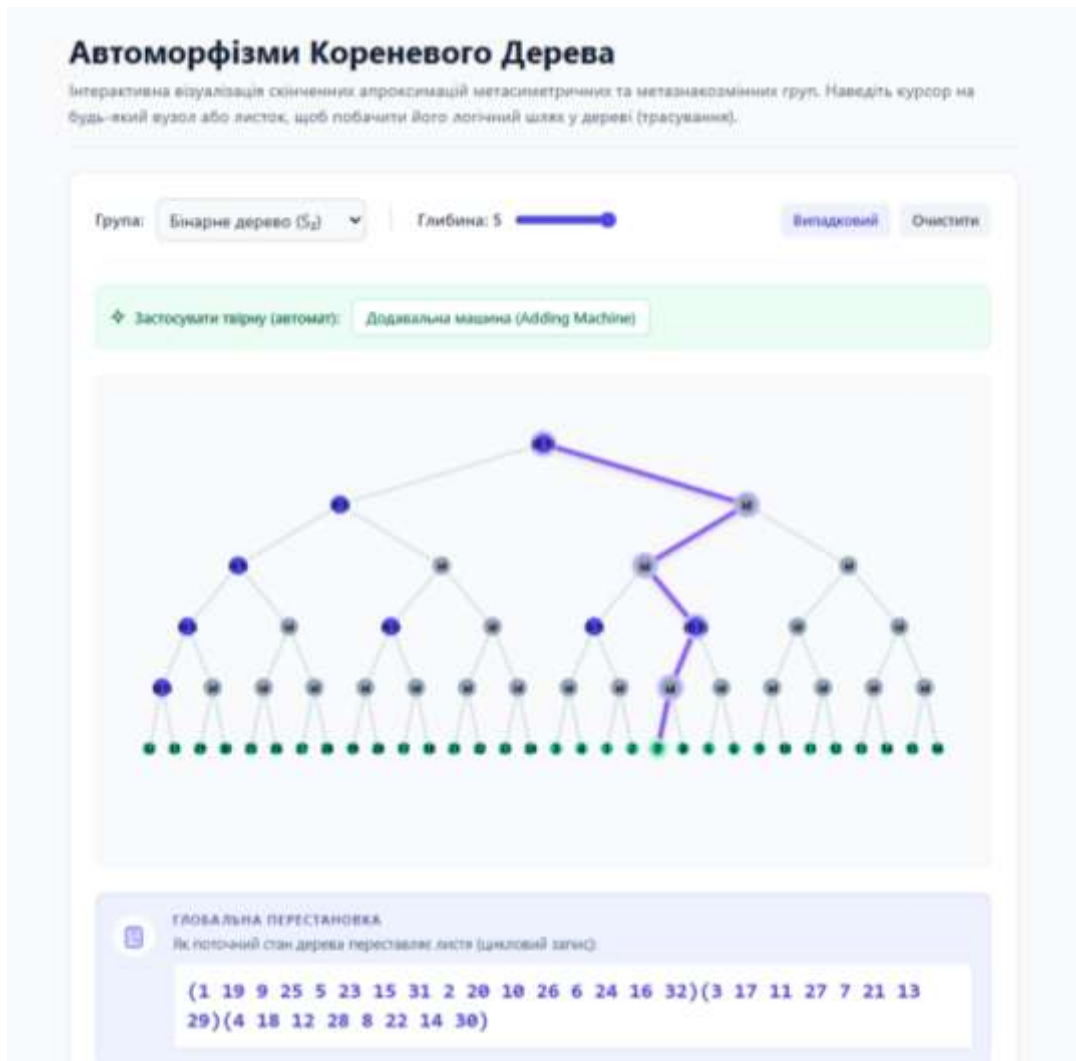
The program's interface was designed with the principles of cognitive ergonomics in mind, focusing on minimizing distractions. The graphical user interface (GUI) is spatially divided into three key zones:

1. *Control Panel*: Allows selecting the base group (for example,  $S_2, A_3, S_3$ ) and adjusting the depth of the tree truncation (from 1 to 5 levels). The program automatically adapts the size of the nodes (the radius of the circles in SVG) and the thickness of the edges so that the graph remains readable at any screen scaling level.



**Figure 1.** Interface of the main module (the case of a ternary tree)  
 Source of the figure: author's development.

2. *Interactive Visualization Canvas:* Each node of the tree is an interactive component. The user can change local permutations by directly clicking on the nodes. Understanding the global action of a complex automorphism is a non-trivial cognitive task. To simplify it, a highlighting mechanism (the "Path Tracing" function) is implemented. When hovering the cursor over any node or leaf (hover event), the system calculates and highlights the logical path from the root to this node in a contrasting color. This allows the researcher to visually isolate the orbit of a specific point against the background of the entire tree.



**Figure 2.** Interface of the main module (the case of a binary tree)  
 Source of the figure: author's development.

3. *Analytical Dashboard*: Located at the bottom of the screen. It serves as an "algebraic monitor" that outputs the results of computing the global permutation in real time, reacting to state changes of the tree in the visualization area.

### Practical Value and Prospects for Use

The created software product is an instrument of experimental mathematics in the field of geometric group theory.

The practical value of the developed software lies in the verification of theoretical hypotheses (the application allows for experimental testing of theoretical calculations regarding normalizer indices, the structure of commutator subgroups, and the perfectness of meta-alternating groups at finite approximation levels), the search for new algebraic structures (the toolkit for applying Mealy machines enables empirical investigation of the properties of new generating sets, analyzing their orbits, and discovering patterns in the cycle decomposition of global permutations), and its pedagogical and demonstration potential (interactive visualization makes abstract

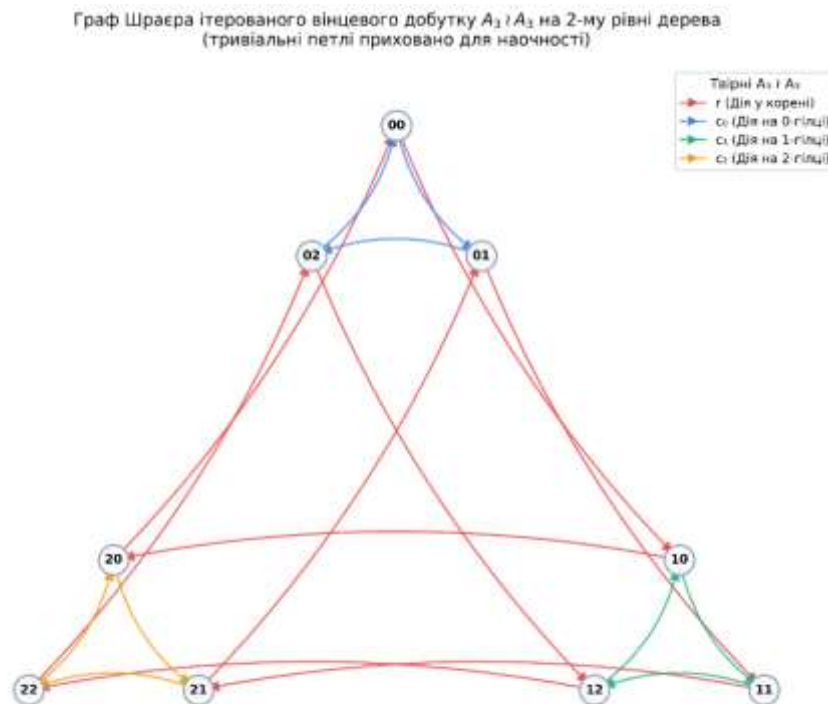
concepts such as profinite boundaries, iterated wreath products, and fractal action on trees visually clear).

This makes the program a valuable resource for supporting scientific presentations, seminars, and for use in the educational process when teaching specialized courses in modern algebra.

### Analysis of the Results

The developed software suite was used to conduct computational experiments, which allowed confirming a number of theoretical results regarding the structure of meta-alternating groups.

First, thanks to the modeling of the action of automaton generators on rooted trees ( $d=3, d=4$ ) [3], the stabilization of the quotient groups  $W_k(A_d)/W_{k'}(A_d)$  with increasing tree depth  $k$  was empirically proven. These computations agree with the theoretically derived condition for the perfectness of the profinite meta-alternating group: it was established that for the corresponding  $d$ , the group indeed coincides with its commutator subgroup (perfectness condition).



**Figure 3.** Construction of the Schreier graph for the iterated wreath product  $A_3 \wr A_3$ . Source of the figure: author's development with using the NetworkX library in Python.

Secondly, the analysis of subgroup indices and the construction of Schreier graphs (involving additional Python scripts based on the NetworkX library) visually demonstrated the fractal structure of the orbits of the generating sets. In particular, for the wreath product  $A_3 \wr A_3$ , the visualized graphs display a high degree of self-

similarity [1], which is characteristic of groups of automaton transformations of infinite rank. The cycle decompositions of global permutations calculated using the program's mathematical module confirmed the correctness of the constructed explicit examples of automaton generating sets.

### Conclusions

In this work, a path to the software solution of an urgent problem in geometric and combinatorial group theory was proposed: a comprehensive analysis of the structure of infinitely iterated wreath products of finite symmetric and alternating groups of infinite rank was carried out; the structure of metasymmetric and meta-alternating groups as profinite algebraic systems was characterized; a general method for constructing finite generating sets for meta-alternating groups was described; and examples of such generators based on finite Mealy automata were constructed. Specialized web-based software was created for visualizing the actions of automorphisms on regular trees, allowing for the automatic modeling of finite automata operations, calculating the cycle decomposition of elements, and confirming theoretical hypotheses by conducting rapid computer experiments.

### References

1. Nekrashevych V. Self-similar groups // *Mathematical Surveys and Monographs*, 117.– American Mathematical Society, Providence, RI, 2005.– 231 p.
2. Grigorchuk R.I. On Burnside's problem on periodic groups // *Functional Analysis and Its Applications*.– 1980.–14(1).– P.41–43.
3. Bondarenko I., Grigorchuk R., Kravchenko R., Muntyan Y., Nekrashevych V., Savchuk D., Sunic Z. On classification of groups generated by 3-state automata over a 2-letter alphabet // *Algebra and Discrete Mathematics*.– 2008.– Vol.7, №1.– P.1–163.
4. Dixon J.D., Mortimer B. *Permutation groups*. Graduate Texts in Mathematics, 163.– New York: Springer-Verlag, 1996.– 341 p.
5. Ribes L., Zalesskii P. *Profinite groups*. A Series of Modern Surveys in Mathematics. Vol. 40.– Springer Science & Business Media, 2010.– 483 p.
6. Суцанський В.І. Групи автоматних підстановок // *Доповіді НАН України*.– 1998.– №6.– С.47–50.
7. Sikora V.S., Sushchanskii V.I. Systems of generators of automaton permutations groups // *Cybernetics and Systems Analysis*.– 2000.– Vol.36.– P.415–425. <https://doi.org/10.1007/BF02732992>
8. Олійник Б.В., Суцанський В.І., Сікора В.С. Метасиметричні та метазнакозмінні групи нескінченного рангу // *Математичні студії*.– 2008.– Т.29, №2.– С.139–150. [https://matstud.org.ua/texts/2008/29\\_2/29\\_2\\_139\\_150.html](https://matstud.org.ua/texts/2008/29_2/29_2_139_150.html)
9. Заводя М.В., Сікора В.С., Суцанський В.І. Двохелементні системи твірних метазнакозмінних груп скінченного рангу // *Математичні студії*.– 2010.– Т.34, №1.– С.3–12. [https://matstud.org.ua/texts/2010/34\\_1/3-12.html](https://matstud.org.ua/texts/2010/34_1/3-12.html)
10. Сікора В.С. *Мінімальні системи твірних скінченних гіпероктаедральних, мономіальних, метасиметричних та автоматних груп підстановок*. Монографія.– Чернівці: Технодрук, 2018.– 168 с.

# ESTIMATING THE SPATIO-TEMPORAL CHARGING DEMAND FLUCTUATIONS OF ELECTRIC VEHICLES IN TRANSIT REGIONS

**Марків Олег,**  
аспірант кафедри ІСМ  
Національний університет “Львівська Політехніка”

## **Abstract:**

This paper presents a mathematical model for estimating the spatio-temporal charging demand of electric vehicles (EVs) in transit regions and intercity highway networks. Unlike conventional urban-oriented approaches, the proposed model incorporates traffic intensity, seasonal fluctuations, and transit corridor dynamics affecting charging demand distribution. Numerical simulations were performed using traffic intensity profiles from key highway intersections in Western Ukraine. The obtained results demonstrate the formation of a stable daytime load plateau caused by transit traffic activity and reveal a 35-42% increase in charging demand during summer seasonal peaks compared to baseline winter scenarios. The developed model can serve as a mathematical foundation for future multi-objective optimization of EV charging station deployment and capacity allocation

**Key Words:** electric vehicles, charging infrastructure, spatio-temporal demand, mathematical modeling, seasonal fluctuations, transit traffic, Western Ukraine.

## **Introduction**

The large-scale integration of electric vehicles (EVs) into transportation infrastructure imposes new requirements on methods used for planning electrical grids and charging infrastructure. One of the major challenges is the high irregularity of charging demand imposed on the power supply system. Existing mathematical approaches for modeling spatio-temporal charging demand are predominantly focused on urban environments characterized by relatively stable commuting patterns following the “home–work–home” scheme [1, 4]. However, for intercity highways and major transit corridors, particularly in the Western region of Ukraine, conventional urban-oriented models are insufficient [1-6].

The geographical position of Western Ukraine results in intensive domestic and international transit traffic flows [2]. The intensity of these flows demonstrates significant temporal variations influenced by seasonal tourism, summer vacation periods, weekends, and pre-holiday travel activity [3, 6]. Ignoring such fluctuations during the planning of EV charging stations (EVCS) may lead either to congestion and insufficient charging capacity during peak periods [5], or to inefficient utilization of charging infrastructure during off-peak periods.

## **Model**

The objective of this study is to develop a mathematical model of spatio-temporal demand that allows for the decomposition of the total infrastructure load while accounting for dynamic changes in traffic. The proposed model describes the integrated

demand for charging capacity  $D(x, t)$  at a specific geographical or infrastructural node of the transport network  $x \in X$  at a discrete time moment  $t \in T$ . The mathematical structure of the resulting function is formulated as follows:

$$D(x, t) = D_{loc}(x, t) + D_{trans}(x, t) \cdot K_{sez}(t)$$

where  $D_{loc}(x, t)$  represents the local demand component generated by internal users;  $D_{trans}(x, t)$  represents the transit demand component caused by the traffic flow passing through the node [7];  $K_{sez}(t)$  is a dimensionless seasonal traffic intensity coefficient calibrated on the basis of historical road monitoring datasets. The calculated baseline parameters of the intensity coefficients for the investigated scenarios are summarized in Table 1.

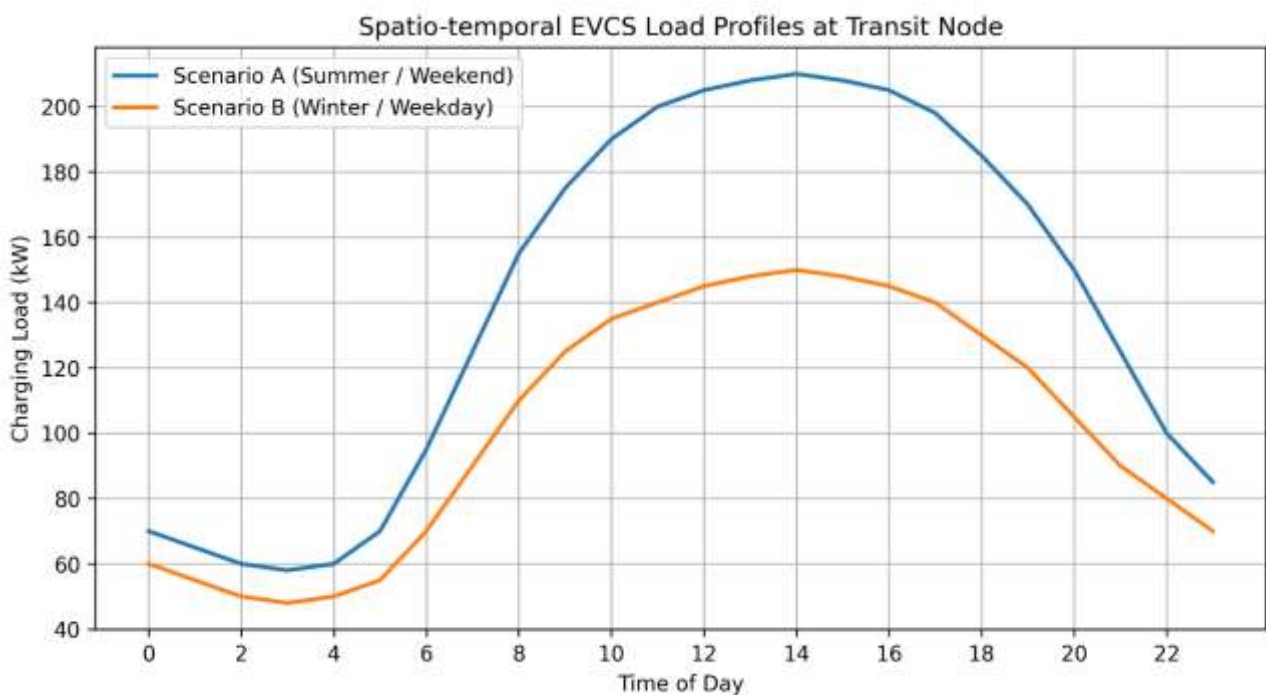
**Table 1.**

Scenario parameters for modeling the spatio-temporal demand

Modeling Scenario	Local Demand $D_{loc}$ (kW)	Transit Demand $D_{trans}$ (kW)	Seasonality Coefficient $K_{sez}$
Scenario A (Summer / Weekend)	120	170	1.15
Scenario B (Winter / Weekday)	145	110	1.0

The decrease in local demand during summer scenarios is explained by the redistribution of charging activity from urban users toward transit traffic flows.

To verify the proposed model, numerical simulations were conducted using major transport nodes of the Lviv region as a case study, specifically the intersections of the M-06 Kyiv-Chop and M-11 Lviv-Shehyni highways. Statistical traffic intensity profiles were adapted to the current growth rates of the EV fleet in Ukraine. Based on the obtained results, daily charging load profiles were constructed, as illustrated in Fig. 1.



**Fig. 1.** Spatio-temporal load profiles on EVCS at the transit node for Scenarios A and B

A comparative analysis of the obtained curves demonstrates that the integration of the transit component significantly modifies the traditional urban charging profile. Highway transport nodes exhibit a smoothing of peak loads and the formation of a stable daytime load plateau between 11:00 AM and 5:00 PM, corresponding to the highest activity period of transit drivers. Seasonal effects during summer weekends additionally increase the peak charging demand by approximately 35-42% compared to the baseline winter weekday scenario [1-6].

### **Conclusions**

The developed spatio-temporal demand model provides a flexible representation of charging demand dynamics for EV infrastructure in transit regions. The integration of traffic intensity, seasonal coefficients, and temporal activity factors improves the adaptability of charging demand estimation under varying transport conditions.

The obtained analytical dependencies can serve as a mathematical basis for future multi-objective optimization of EV charging station placement and capacity allocation problems using evolutionary optimization approaches such as NSGA-II.

### **References**

1. Sun, Z., Wang, Y., & Liu, P. (2022). Data-driven forecasting of electric vehicle charging demand considering highway traffic patterns. *Applied Energy*, 322, 119550. DOI: 10.1016/j.apenergy.2022.119550
2. Mao, Y., Zhai, Q., Zhou, Y., Zhao, J., Shao, Z., Yang, Y., & Hou, H. (2023). Data generation method for power system operation considering geographical correlations and actual operation characteristics. *Energy Reports*, 9, 1480–1489. DOI: 10.1016/j.egyr.2023.04.151
3. Kullingsjö, H., & Karlsson, S. (2023). Fast charging demand on highway networks: Spatial and temporal variations including seasonal travel. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 118, 103681. DOI: 10.1016/j.trd.2023.103681
4. Zhang, T., & Pischinger, S. (2024). Data-driven spatio-temporal modeling of electric vehicle charging demand profiles. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 37, 101211. DOI: 10.1016/j.segan.2023.101211
5. Ahmad, F., & Al-Ammar, E. A. (2024). Impact of seasonal ambient temperature and travel behavior on the spatio-temporal charging demand of electric vehicles. *Journal of Energy Storage*, 78, 110023. DOI: 10.1016/j.est.2023.110023
6. Wang, L., & Lipman, T. (2025). Modeling seasonality and corridor transit dynamics for highway electric vehicle fast-charging infrastructure. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 164, 104512. DOI: 10.1016/j.trc.2024.104512
7. Liu, J., & Zhao, Y. (2025). Fluid-dynamic and stochastic behavior integration in highway EV charging demand estimation. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 16(2), 1420-1432. DOI: 10.1109/TSG.2024.3412580

## **ПРІОРИТЕЗАЦІЯ СКАНУВАННЯ ВРАЗЛИВОСТЕЙ НА ОСНОВІ ГРАФОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

**Терещенко Тетяна Павлівна,**  
старший науковий співробітник,  
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут

**Терещенко Катерина Володимирівна,**  
студентка,  
Державний університет “Київський авіаційний інститут”

У сучасних умовах цифровізації, розвитку розподілених інформаційно-комунікаційних систем та зростання кількості кіберзагроз особливої актуальності набуває проблема своєчасного виявлення вразливостей. Одним із ключових інструментів забезпечення інформаційної безпеки є сканери безпеки, які дозволяють автоматизовано аналізувати мережеву інфраструктуру, програмне забезпечення, сервіси та конфігурації з метою виявлення потенційно небезпечних недоліків [1].

Разом із тим, ефективність використання сканерів безпеки значною мірою залежить не лише від їх функціональних можливостей, а й від способу визначення пріоритетності сканування, що є важливою складовою процесу управління вразливостями та планування заходів з їх усунення [2]. У традиційних підходах пріоритезація сканування зазвичай здійснюється на основі фіксованих правил, періодичних розкладів або попередньо визначених сценаріїв. Такий підхід є достатньо простим у реалізації, однак має низку суттєвих обмежень. Зокрема, він не завжди враховує реальний стан інформаційної системи, критичність окремих вузлів, історію виявлених вразливостей, поточний рівень ризику, наявність відомих експлуатованих вразливостей та взаємозв'язки між компонентами інфраструктури [3; 4; 5].

У складних інформаційно-комунікаційних системах об'єкти не існують ізольовано. Сервери, робочі станції, мережеві пристрої, бази даних, прикладні сервіси та користувацькі вузли утворюють взаємопов'язану структуру, у якій компрометація одного елемента може створювати ризики для інших. Саме тому під час пріоритезації сканування важливо враховувати не лише характеристики окремого вузла, а й його положення у загальній топології мережі, кількість зв'язків, доступність з інших сегментів, залежність від критичних сервісів та потенційну роль у ланцюгу атаки.

Перспективним напрямом вирішення цієї проблеми є представлення інформаційної системи у вигляді графа. У такій моделі вузли графа можуть відповідати елементам мережевої інфраструктури, зокрема серверам, робочим станціям, маршрутизаторам, базам даних або сервісам, а ребра – зв'язкам між ними. До характеристик вузлів можуть належати тип пристрою, рівень критичності, кількість відкритих портів, наявність раніше виявлених

вразливостей, результати попередніх сканувань, рівень доступності та інші параметри безпеки [6].

Для аналізу таких структур доцільним є застосування графових нейронних мереж, які призначені для оброблення даних, представлених у вигляді графів [7; 11]. Їх особливість полягає у здатності обробляти дані, представлені у вигляді графів, та враховувати як локальні властивості окремих вузлів, так і глобальні залежності в межах усєї системи. На відміну від традиційних методів, графові нейронні мережі можуть аналізувати не лише окремі ознаки об'єктів, а й контекст їх взаємодії з іншими елементами інфраструктури [7; 8; 9; 10; 11; 12].

Запропонований підхід до пріоритезації сканування вразливостей передбачає побудову графової моделі інформаційної системи, формування набору ознак для кожного вузла, обробку цих даних за допомогою графової нейронної мережі та визначення пріоритетності сканування. У результаті система може формувати перелік об'єктів, які потребують першочергової перевірки, з урахуванням їх структурної важливості, потенційного впливу на безпеку всієї мережі та історії виявлених вразливостей.

Основними етапами функціонування такої системи є: збір даних про мережеву інфраструктуру; побудова графа інформаційної системи; визначення ознак вузлів і зв'язків; навчання або налаштування графової нейронної мережі; обчислення пріоритетів сканування; формування завдань для сканерів безпеки; аналіз отриманих результатів і подальше оновлення графової моделі. Такий цикл дозволяє забезпечити адаптивність процесу сканування та враховувати зміни у структурі системи.

Застосування графових нейронних мереж у задачах пріоритезації сканування вразливостей має низку переваг. По-перше, воно дозволяє оптимізувати використання обчислювальних і часових ресурсів, оскільки сканування може виконуватися насамперед для найбільш критичних об'єктів. По-друге, такий підхід сприяє підвищенню ймовірності своєчасного виявлення небезпечних вразливостей. По-третє, він забезпечує більш гнучке реагування на зміни в мережевій інфраструктурі, зокрема появу нових вузлів, зміну конфігурацій або виявлення нових загроз.

Отже, пріоритезація сканування вразливостей на основі графових нейронних мереж є актуальним і перспективним напрямом розвитку інтелектуальних засобів кібербезпеки. Запропонований підхід дозволяє перейти від статичного сканування за фіксованими правилами до адаптивного, контекстно-орієнтованого визначення першочергових об'єктів перевірки. Використання графового представлення інформаційної системи дає змогу враховувати взаємозв'язки між компонентами інфраструктури, їх структурну важливість, історію виявлених вразливостей та потенційну роль у ланцюгах атак. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розроблення практичної моделі такої системи, вибір оптимальної архітектури графової нейронної мережі та експериментальну оцінку її ефективності в реальних або змодельованих мережевих середовищах.

### Список літератури

1. Scarfone K., Souppaya M., Cody A., Orebaugh A. Technical Guide to Information Security Testing and Assessment : NIST Special Publication 800-115. National Institute of Standards and Technology, 2008. URL: <https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/115/final> (дата звернення: 20.05.2026).
2. Souppaya M., Scarfone K. Guide to Enterprise Patch Management Planning: Preventive Maintenance for Technology : NIST Special Publication 800-40 Revision 4. National Institute of Standards and Technology, 2022. URL: <https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/40/r4/final> (дата звернення: 20.05.2026).
3. Joint Task Force Transformation Initiative. Guide for Conducting Risk Assessments : NIST Special Publication 800-30 Revision 1. National Institute of Standards and Technology, 2012. URL: <https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/30/r1/final> (дата звернення: 20.05.2026).
4. Common Vulnerability Scoring System v4.0: Specification Document. FIRST. URL: <https://www.first.org/cvss/v4.0/specification-document> (дата звернення: 20.05.2026).
5. Known Exploited Vulnerabilities Catalog. Cybersecurity and Infrastructure Security Agency. URL: <https://www.cisa.gov/known-exploited-vulnerabilities-catalog> (дата звернення: 20.05.2026).
6. National Vulnerability Database. National Institute of Standards and Technology. URL: <https://nvd.nist.gov/> (дата звернення: 20.05.2026).
7. Scarselli F., Gori M., Tsoi A. C., Hagenbuchner M., Monfardini G. The Graph Neural Network Model. *IEEE Transactions on Neural Networks*. 2009. Vol. 20, No. 1. P. 61–80. URL: <https://doi.org/10.1109/TNN.2008.2005605> (дата звернення: 20.05.2026).
8. Kipf T. N., Welling M. Semi-Supervised Classification with Graph Convolutional Networks. *International Conference on Learning Representations*, 2017. URL: <https://openreview.net/forum?id=SJU4ayYgl> (дата звернення: 20.05.2026).
9. Hamilton W. L., Ying R., Leskovec J. Inductive Representation Learning on Large Graphs. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. URL: <https://arxiv.org/abs/1706.02216> (дата звернення: 20.05.2026).
10. Veličković P., Cucurull G., Casanova A., Romero A., Liò P., Bengio Y. Graph Attention Networks. *International Conference on Learning Representations*, 2018. URL: <https://openreview.net/forum?id=rJXMpikCZ> (дата звернення: 20.05.2026).
11. Wu Z., Pan S., Chen F., Long G., Zhang C., Yu P. S. A Comprehensive Survey on Graph Neural Networks. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*. 2021. Vol. 32, No. 1. P. 4–24. URL: <https://arxiv.org/abs/1901.00596> (дата звернення: 20.05.2026).
12. Zhong M., Lin M., Zhang C., Xu Z. A Survey on Graph Neural Networks for Intrusion Detection Systems: Methods, Trends and Challenges. *Computers & Security*. 2024. Vol. 141. Article 103821. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2024.103821> (дата звернення: 20.05.2026).

## ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ КОНКУРЕНЦІЇ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ

**Sadyuk A.**

Candidate of Economic Sciences  
associate professor  
National Academy of Management

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю адаптації інструментів конкурентного права до особливостей цифрових ринків, де ринкова влада платформ значною мірою базується на контролі уваги користувачів та алгоритмічному управлінні їхньою поведінкою.

У березні 2026 року суд присяжних у Лос-Анджелесі ухвалив прецедентне рішення у справі про відповідальність операторів цифрових платформ, визнавши їх відповідальними за шкоду, завдану внаслідок використання дизайну платформ, що сприяє тривалому залученню користувачів (New York Times, 2026; Crowell & Moring, 2026). Хоча справа формально стосується деліктної відповідальності, її правова логіка має важливі наслідки для конкурентного права. Вперше на рівні вердикту присяжних було визнано можливість притягнення платформ до відповідальності за власні конструктивні рішення (Crowell & Moring, 2026).

Мета дослідження полягає в аналізі правових наслідків цього рішення для оцінки зловживання ринковою владою цифрових платформ, зокрема через особливості їхнього дизайну та алгоритмів.

Центральним елементом рішення стало розмежування між імунітетом, передбаченим Section 230 Закону про пристойність у комунікаціях у США (Section 230 of the Communications Decency Act of 1996, 47 U.S.C. § 230), який захищає від відповідальності за контент третіх осіб, та відповідальністю платформи за її власні архітектурні та алгоритмічні рішення (New York Times, 2026; Коуа, 2025; Crowell & Moring, 2026).

Таке розмежування створює підґрунтя для застосування інструментів конкурентного права до певних практик платформ.

Зокрема, алгоритмічні системи рекомендацій, механізм нескінченної прокрутки, автоматичне відтворення контенту та інші елементи дизайну, спрямовані на підвищення залученості, можуть розглядатися як чинники, що впливають на свободу вибору користувачів та перехід між сервісами (Costello et al., 2023, 2026). Для платформ з рекламною моделлю монетизації традиційні цінові критерії антимонопольного аналізу мають обмежену застосовність, що актуалізує розробку якісних критеріїв оцінки впливу дизайну на поведінку користувачів та конкурентну динаміку (Crowell & Moring, 2026).

Зазначене рішення узгоджується з регуляторними підходами Європейського Союзу, зокрема з Digital Markets Act (DMA), який набрав чинності 1 листопада 2022 року (European Commission, 2022). DMA запроваджує статус «брамника»

(контролера доступу) та встановлює вимоги щодо прозорості алгоритмів, сумісності послуг та справедливих умов конкуренції (European Commission, 2022).

В Україні цифрові платформи визнаються як один із пріоритетних напрямків нагляду (Council of Europe, 2024). У свою чергу, Антимонопольний комітет України (АМКУ), у жовтні 2025 року визнав виконаними рекомендації, надані компанії оператору цифрової платформи спільних поїздок щодо прозорості та економічної обґрунтованості сервісного збору (Антимонопольний комітет України, 2025; Lexology, 2025). Ця справа є одним із перших комплексних розглядів поведінки іноземної цифрової платформи, що працює на ринку України. У контексті європейської інтеграції виникає потреба в розвитку доктринальних підходів до оцінки впливу дизайну платформ на умови конкуренції.

Це рішення має важливе значення для українського конкурентного права, оскільки демонструє можливість юридичної оцінки саме дизайну платформ як джерела ринкової влади, а не лише традиційних економічних показників. В умовах України, де АМКУ лише починає формувати практику щодо цифрових ринків, логіка зазначеного прецедентного рішення може слугувати важливим підґрунтям для переходу від формального підходу до більш змістовного аналізу – зокрема, оцінки того, як алгоритмічні механізми та дизайн інтерфейсу обмежують свободу вибору споживачів і створюють штучні бар'єри для конкуренції (Graef & Vostoen, 2025). Такий підхід відкриває нові перспективи для кваліфікації певних практик цифрових платформ як зловживання домінуючим становищем навіть за відсутності класичних цінових порушень.

Додатковий регуляторний контекст формують національні ініціативи щодо захисту неповнолітніх. Зокрема, в Австралії з 10 грудня 2025 року діє заборона на створення акаунтів у соціальних мережах для осіб молодше 16 років, що вимагає від платформ впровадження систем вікової верифікації (eSafety Commissioner, 2026).

Таким чином, зазначений прецедент сприяє формуванню нової правової парадигми, у якій конструктивні рішення цифрових платформ можуть підлягати оцінці з огляду на їхній вплив на автономію користувачів та конкурентне середовище. Обмеження застосування Section 230 у справах, пов'язаних із дизайном продукту, розширює можливості використання конкурентно-правових механізмів на цифрових ринках.

Українська правова система має значний потенціал для ефективної адаптації до цих викликів шляхом імплементації європейських регуляторних стандартів та розвитку власних доктринальних підходів до оцінки впливу дизайну платформ на конкуренцію, що є особливо актуальним у контексті європейської інтеграції. Досягнення оптимального балансу між захистом прав користувачів, підтриманням конкурентних умов та стимулюванням інновацій вимагає міждисциплінарного підходу, який поєднуватиме правовий, економічний та технологічний аналіз.

Отже, рішення щодо цифрових платформ не лише демонструє еволюцію розуміння ринкової влади в цифрову епоху, але й відкриває для України перспективу стати одним із прогресивних регуляторів цифрових ринків у Європі. Успішна адаптація цих тенденцій дозволить українському конкурентному праву перейти від реактивного до проактивного регулювання, ефективно реагуючи на сучасні виклики цифрової економіки.

### Список літератури

- 1) Communications Decency Act of 1996, 47 U.S.C. § 230. <https://www.law.cornell.edu/uscode/text/47/230>
- 2) Costello, N., Kavanaugh, J. R., Berish, C., Keane, M., Appel, J., Bromberg, M., & Austin, S. B. (2026). *Understanding algorithms and platform design: A judicial primer on algorithmic systems and digital harm*. STRIPED (Strategic Training Initiative for the Prevention of Eating Disorders), Harvard T.H. Chan School of Public Health. <http://hsph.me/algorithm-auditing>
- 3) Costello, N., Sutton, R., Jones, M., et al. (2023). Algorithms, addiction, and adolescent mental health: An interdisciplinary study to inform state-level policy action to protect youth from the dangers of social media. *American Journal of Law & Medicine*, 49(2-3), 135–172. <https://doi.org/10.1017/amj.2023.25>
- 4) Council of Europe. (2024, July 22). Legal regulation of online platforms in Ukraine: Possible avenues. <https://www.coe.int/en/web/kyiv/-/legal-regulation-of-online-platforms-in-ukraine-possible-avenues>
- 5) Crowell & Moring. (2026, March 30). Landmark verdicts against Meta and YouTube signal new era of social media platform liability. <https://www.crowell.com/en/insights/client-alerts/landmark-verdicts-against-meta-and-youtube-signal-new-era-of-social-media-platform-liability>
- 6) eSafety Commissioner. (2026, January 16). Social media age restrictions. <https://www.esafety.gov.au/about-us/industry-regulation/social-media-age-restrictions>
- 7) European Commission. (2022). Digital Markets Act: Ensuring fair and open digital markets. Publications Office of the European Union. [https://digital-markets-act.ec.europa.eu/index\\_en](https://digital-markets-act.ec.europa.eu/index_en)
- 8) Graef, I., & Bostoen, F. (2025). A typology of platform power and its regulation. *Information, Communication & Society*, 29(1), 324–338. <https://doi.org/10.1080/1369118X.2025.2512972>
- 9) Koya, M. (2025). Addicted by design: Reassessing Section 230 in the new era of social media addiction litigation. *University of Cincinnati Law Review Blog*, 94. <https://uclawreview.org/2025/12/04/addicted-by-design-reassessing-section-230-in-the-new-era-of-social-media-addiction-litigation/>
- 10) Lexology. (2025). Ukraine: Antimonopoly Committee closes its investigation into BlaBlaCar. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=faabdc7b-67bb-45fd-bf8d-dcd40e91457c>

11) New York Times. (2026, March 25). Meta and YouTube found negligent in landmark social media addiction case. <https://www.nytimes.com/2026/03/25/technology/social-media-trial-verdict.html>

12) Антимонопольний комітет України. (2025, 23 жовтня). АМКУ визнав виконаними рекомендації, надані Blablacar. <https://amcu.gov.ua/news/amku-vyznav-vykonanymu-rekomendatsii-nadani-blablacar>

## **ОРГАНІЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ СЛІДЧИХ ТА ОПЕРАТИВНИХ ПІДРОЗДІЛІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПОЛІЦІЇ ПРИ РОЗСЛІДУВАННІ РОЗБОЇВ**

**Усатий Сергій Олексійович,**

Аспірант

Харківського національного університету внутрішніх справ

Важлива роль у вирішенні завдань ефективної протидії розбійним нападам належить взаємодії слідчих і оперативних підрозділів. Однак під час практичної реалізації поставлених завдань вони зіштовхуються з наявністю проблемних питань, які стосуються правового, організаційного, криміналістичного, матеріального, технічного, кадрового забезпечення. Крім того, в умовах збройної агресії існують й інші складнощі, що пов'язані: з проведенням активних бойових дій; обмеженою інформацією щодо кримінальних правопорушень, вчинених на окупованих територіях України; реальною небезпекою для життя та здоров'я правоохоронців під час проведення слідчих (розшукових) дій; кадровий дефіцит працівників правоохоронних органів на деокупованих територіях держави.

У вітчизняному законодавстві питання організації взаємодії має певну правову регламентацію. Зокрема, термін «взаємодія» застосовується в Законах України «Про оперативно-розшукову діяльність», «Про організаційно-правові основи боротьби з організованою злочинністю» та в Кримінальному процесуальному кодексі України [1; 2; 3]. Важливе значення мають також відомчі нормативно-правові акти, що регламентують діяльність слідчих та оперативних працівників під час протидії злочинам, серед яких Інструкція з організації взаємодії органів досудового розслідування з іншими органами та підрозділами Національної поліції України в запобіганні кримінальним правопорушенням, їх виявленні та розслідуванні [4]. Так, відповідно до останньої, основним завданням зазначеної взаємодії визначено «запобігання кримінальним правопорушенням, їх виявлення та розслідування, притягнення до встановленої законодавством відповідальності осіб, які їх учинили, відшкодування завданої кримінальними правопорушеннями шкоди, відновлення порушених прав та інтересів фізичних і юридичних осіб». В Інструкції зазначається, що «основними принципами такої взаємодії є: швидке, повне та неупереджене розслідування кримінальних правопорушень; самостійність слідчого в процесуальній діяльності, втручання в яку осіб, що не мають на те законних повноважень, забороняється; оптимальне використання наявних можливостей органів досудового розслідування та оперативних підрозділів Національної поліції України у запобіганні, виявленні та розслідуванні кримінальних правопорушень; дотримання загальних засад кримінального провадження; забезпечення нерозголошення даних досудового розслідування» [4].

Отже, головним завданням взаємодії органів досудового слідства з оперативними підрозділами є своєчасне виявлення, якісне документування злочинів, забезпечення їх повного, всебічного та об'єктивного розслідування, притягнення винних осіб до встановленої законом відповідальності, відшкодування заподіяної злочинами шкоди, відновлення порушених прав громадян. Потреба в цьому визначається наявністю в їх розпорядженні специфічних, притаманних тільки їм, сил, засобів і методів. Центральне місце в організації розслідування злочинів посідає слідчий, який здійснює процесуальні і координуючі функції взаємодії. Це визначено його процесуальним статутом. Необхідність взаємодії зумовлена об'єктивною потребою автономного виконання покладених на слідчих функцій. Взаємодія слідчих і оперативних підрозділів полягає в їхній погодженій діяльності по забезпеченню успішного виявлення і розслідування злочинів, що здійснюється кожною зі сторін у рамках своєї компетенції властивими їй силами і методами. Добре налагоджена і раціональна взаємодія слідчих та оперативних підрозділів служить однією з важливих умов, що забезпечують успішне виявлення і розслідування злочинів. Відомо, що слідчі та оперативні підрозділи мають специфічні, тільки їм властивими сили і методи розкриття злочинів, тому надзвичайно важливо, щоб ці можливості були використані не розрізнено, а в комплексі.

У юридичній та спеціальній літературі проблема взаємодії слідчих і оперативних підрозділів Національної поліції досліджувалась багатопланово. Аналіз думок науковців і відомчих нормативних актів свідчить, що ця взаємодія здійснюється у формі обміну інформацією, сумісного планування та узгодження за часом і місцем проведення слідчих (розшукових) дій та негласних слідчих (розшукових) дій, а також надання допомоги наявними силами та технічними засобами. Вчені-криміналісти, такі як В. О. Коновалова, В. Ю. Шепітько, розглядають взаємодію як вищий ступінь консолідації сил і засобів правоохоронних органів, наділених законом відповідними повноваженнями. Вони вважають, що взаємодія в процесі розкриття і розслідування злочинів являє собою узгоджену діяльність різноманітних ланок однієї або декількох організованих систем, спрямовану на досягнення спільної мети з найменшими витратами сил, засобів і часу [5, с. 200]. Аналіз поглядів науковців дає змогу зробити висновок про те, що взаємодію треба розглядати як визначену законодавством діяльність компетентних суб'єктів щодо раціонального застосування наявних сил, засобів і методів для своєчасного виявлення та розслідування злочинів.

Слідчий у процесі розслідування може взаємодіяти не тільки з оперативними підрозділами, але і з спеціалістами, експертами, іншими органами та організаціями, засобами масової інформації та ін. Рівень взаємодії в результаті визначає сутність будь-якої системи і є основою правоохоронної діяльності поліції. Таким чином, під взаємодією можна розуміти створену на основі законодавчих актів спільну, погоджену, плановану діяльність слідчого зі співробітниками оперативних підрозділів поліції, що базується на властивих їй

принципах і знаннях можливостей один одного та здійснювану з метою успішного виявлення та розслідування злочинів.

Аналіз матеріалів практики показує, що основними організаційними формами взаємодії слідчих і оперативних підрозділів при розслідуванні зазначеної категорії кримінальних проваджень є :

- ознайомлення слідчого з оперативними матеріалами в межах, передбачених відомчими нормативними актами;

- спільне обговорення й оцінювання даних, одержаних у результаті проведення оперативно-розшукових заходів, щодо їх достатності для відкриття кримінального провадження;

- спільне планування слідчих (розшукових) дій і тактичних операцій, спрямованих на виявлення доказової інформації. При цьому планування може здійснюватися як у цілому кримінальному провадженні, так і за окремими епізодами;

- спільна діяльність слідчих і оперативно-розшукових підрозділів під час відкриття кримінального провадження на першочерговому та подальших етапах розслідування;

- створення слідчо-оперативної групи, які найчастіше створюються по найбільш складних, багатоепізодних кримінальних провадженнях. Вони є перевіреною формою об'єднання зусиль, що цілком виправдало себе на практиці. Саме тут і реалізується принцип прямого керування, тобто всі члени групи виконують вказівки й доручення її керівника;

- взаємний обмін усною і письмовою інформацією оперативних працівників та слідчих з питань, що стосуються їх діяльності;

- спільні виїзди слідчого і оперативних працівників для проведення слідчих (розшукових) дій;

- організація і проведення спільних занять у системі службової підготовки, особливо за складами злочинів проти власності та ін.

Отже, головним завданням оперативних підрозділів, з точки зору вимоги закону, є виявлення ознак злочину та осіб, які його вчинили. Говорячи про такі злочини, необхідно відзначити, що вони відбуваються, як правило, досвідченими злочинцями і нерідко групами осіб. Спосіб їх вчинення зазвичай носить замаскований характер, відбуваються вони найчастіше раптово, але після досить складною і продуманої підготовки, що повною мірою стосується і вчинення розбоїв.

Як свідчить практика протидії розбоям, ефективність розкриття злочинів даного виду знаходиться в прямій залежності від своєчасності їх виявлення, швидкості організації та здійснення комплексу оперативних та інших заходів щодо встановлення та затримання злочинців, вилученню викраденого майна і цінностей. Слід зазначити, що загальні питання організації і тактики виявлення та розслідування злочинів досить детально висвітлені у спеціальній літературі. Однак специфіка розслідування розбоїв, особливо коли має місце їх серія, чинена стійкої злочинною групою, вивчена ще не в повній мірі.

Швидке розслідування розбоїв, а найголовніше, своєчасне припинення розпочатої серії злочинів даного виду, можливо лише при організації та проведенні комплексу слідчих (розшукових) та негласних слідчих (розшукових) дій у тісній взаємодії з іншими підрозділами поліції. У зв'язку з цим першочергового значення набуває питання розкриття злочинів «по гарячих слідах». Охоплювану даним поняттям діяльність можна умовно розділити на два етапи: перший характеризується сукупністю дій від моменту отримання повідомлення про вчинений злочин до моменту огляду місця події або допиту потерпілого; другий - охоплює безпосереднє проведення невідкладних слідчих (розшукових) дій і негласних слідчих (розшукових) дій.

При отриманні повідомлення про вчинений розбій негайно вживаються заходи по екстреному виїзду слідчо-оперативної групи на місце події для невідкладного проведення необхідних слідчих (розшукових) та негласних слідчих (розшукових) дій. Комплекс таких дій передбачає здійснення заходів:

- щодо забезпечення отримання інформації про злочин для визначення напрямків пошуку злочинців;
- з переслідування і затримання злочинців «по гарячих слідах», а також у місцях їх ймовірної появи або перебування;
- розвідувального характеру в місцях концентрації криміногенного контингенту і збуту ними викраденого майна.

Заходи, що проводяться при розкритті розбоїв «по гарячих слідах», носять цілеспрямований характер і повинні бути спрямовані на виявлення, збирання інформації про осіб, які вчинили розбій і їх затримання. На даному етапі розслідування злочину основна тактична задача повинна зводитися до того, щоб якомога швидше блокувати силами наявних нарядів поліції певну територію, в межах якої можуть перебувати злочинці і організувати пошукові заходи щодо їх виявлення, використовуючи інформацію, що надходить. Позитивних результатів в даній ситуації можна досягти за умови попереднього відпрацьовування території, що обслуговується, маршрутів руху міського транспорту, розкладу поїздів як приміського, так і далекого прямування, розташування місць можливого укриття злочинців. При цьому важливе значення має своєчасне орієнтування про прикмети підозрюваних і викрадених речей.

З урахуванням отриманих на місці події даних про злочин, основне завдання оперативного працівника полягає в організації і негайному проведенні заходів щодо пошуку злочинців, які, як правило, розгортаються за напрямками, що визначаються залежно від наявності в розпорядженні співробітників поліції інформації: про особистість і ознаки зовнішності підозрюваних у вчиненні розбою; слідів і предметів, залишених на місці події; слідів на тілі й одязі злочинців; даних, що характеризують спосіб вчинення розбійного нападу; ознаках викрадених речей і предметів; інших даних.

Необхідно відзначити, що обсяг роботи оперативного працівника при виїзді на місце події досить великий. Його діяльність охоплює не тільки місце вчинення злочину, але й виходить за його межі (огляд прилеглої території, проведення пошукових заходів по встановленню очевидців тощо). У зв'язку з цим до огляду

місця події та проведення пошукових заходів в районі вчинення злочину, залежно від конкретної ситуації, повинні залучатися кілька оперативних працівників і в обов'язковому випадку оперуповноваженого, на території обслуговування якого вчинено розбій.

Тут простежується залежність між характером вчинених злочинів і значним обсягом проведених заходів щодо їх розкриття. У зв'язку з цим досить гостро стоїть питання про підвищення результативності роботи з розкриття розбоїв «по гарячих слідах». Це дозволить своєчасно, на ранній стадії припинити протиправну діяльність учасників злочинних груп, що вчиняють розбої.

Важливе значення має кваліфікована організація роботи щодо розслідування розбоїв, вчинених з проникненням в житло, з метою заволодіння особистим майном громадян. Окрім оперативного прибуття на місце події, важливе значення відіграє швидке отримання вичерпної інформації: про способи проникнення в приміщення; кількість злочинців, їх прикмети; характер насильницьких дій і застосовуваної зброї чи інших знарядь; прикмети викрадених речей і цінностей; наявність транспортних засобів і найбільш ймовірні шляхи відходу злочинців після вчинення злочину; слідах і предметах, залишених на місці події.

Використовуючи отримані від потерпілих та очевидців розбою ознаки зовнішності злочинців оперативні працівники негайно інформують про них особовий склад поліції та учасників оперативних груп, що беруть участь в проведенні пошукових заходів. Крім того, важливе значення має факт своєчасного орієнтування конфіденційних співробітників. Виправдовує себе і проведення пошукових заходів за участю потерпілих та очевидців з метою виявлення злочинців у місцях ймовірного їх появи. Крім того, важливе значення має проведення опитування потерпілих з метою встановлення максимально повного кола їх родинних і дружніх зв'язків для подальшої перевірки можливої їх причетності до вчинення розбійного нападу.

Попередньо також повинні плануватися заходи щодо виявлення та затримання злочинців на території суміжних областей і районів, у тому числі орієнтування відповідних підрозділів Національної поліції.

З урахуванням викладеного можна зробити висновок про те, що належний рівень взаємодії відіграє особливо важливу роль на першочергових етапах проведення слідчих (розшукових) дій: під час затримання, проведення обшуків, допитів. Цілком логічно, що для ефективного розслідування розбоїв необхідна спільна, чітка, узгоджена діяльність слідчих та оперативних підрозділів Національної поліції, оскільки одних лише зусиль слідчих підрозділів не завжди достатньо для організації досудового розслідування. Організована на відповідному рівні взаємодія слідчих і працівників оперативних підрозділів створює необхідну передумову для своєчасного й ефективного розслідування розбоїв.

### Список літератури

1. Про оперативно-розшукову діяльність : Закон України від 18 лютого 1992 р. №2135–ХІІ. *Офіційний веб-портал Верховної Ради України*. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2135-12#Text>
2. Про організаційно-правові основи боротьби з організованою злочинністю : Закон України від 30 червня 1993 р. №3341–ХІІ. *Офіційний веб-портал Верховної Ради України*. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3341-12#Text>
3. Кримінальний процесуальний кодекс України: Закон України від 13 квітня 2012 року № 4651-VI. *Офіційний веб-портал Верховної Ради України*. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/4651-17>
4. Про затвердження Інструкції з організації взаємодії органів досудового розслідування з іншими органами та підрозділами Національної поліції України в запобіганні кримінальним правопорушенням, їх виявленні та розслідуванні. наказ Міністерства внутрішніх справ України від 07.07.2017 № 575. *Офіційний веб-портал Верховної Ради України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0937-17#Text>
5. Криміналістика: підруч. / [В. Ю. Шепітько, В. О. Коновалова, В. А. Журавель [та ін.] ; за ред. проф. В. Ю. Шепітька. 5-е вид., переробл. і доп. Київ : Ін Юре, 2016. 640 с.

## **СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБКИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ФІНАНСОВОЮ СТІЙКІСТЮ ПІДПРИЄМСТВА**

**Євась Тетяна Володимирівна,**  
старший викладач кафедри бізнесу і права  
Вінницький соціально-економічний інститут Університету «Україна»

Вихідною передумовою забезпечення фінансової стійкості підприємства в складних реаліях сьогодення виступає фінансовий менеджмент, що містить цілі, функції, принципи, методи розробки та реалізації управлінських рішень в сфері фінансової діяльності суб'єкта господарювання.

Наявність ефективного фінансового управління дає можливість підприємству сформувавши необхідний ресурсний, виробничий, техніко-технологічний, фінансовий, кадровий та інноваційний потенціал, необхідний для забезпечення належної кредитоспроможності, платоспроможності та основи стабільності економічного розвитку на перспективу.

В свою чергу, все це можливе за умов розробки та впровадження сучасної системи та дієвого механізму управління фінансовою стійкістю підприємства.

Механізм управління фінансовою стійкістю підприємства – це система регулювання процесів залучення, розподілу та використання зовнішніх і внутрішніх фінансових активів підприємства відповідно до його стратегічних цілей в межах певних принципів, фінансових методів та важелів, а також нормативно-правового середовища, враховуючи оперативну, тактичну та стратегічну оцінку фінансової стійкості підприємства [1, с. 46].

Ефективне управління фінансовою стійкістю на основі дієвого механізму дозволяє підприємству адаптуватися до сучасних умов господарювання та контролювати ступінь його незалежності від зовнішніх джерел фінансування на основі проведення оцінки фінансової стійкості суб'єкта господарювання [2, с. 89].

Фундаментом системи управління фінансовою стійкістю підприємства є чітко визначена мета і цілі здійснення управління, які необхідно поділити на стратегічні та тактичні [3, с. 125].

До стратегічних цілей управління фінансовою стійкістю належить збалансованість його активів та пасивів, доходів та витрат, а також грошових потоків.

Тактичними цілями управління фінансовою стійкістю є забезпечення необхідного обсягу власного та загального капіталу; формування оптимальної структури капіталу, дебіторської і кредиторської заборгованості; зміна структури та обсягу витрат; збільшення обсягу реалізованих робіт та послуг; максимізація доходів та прибутків; забезпечення самофінансування, кредитоспроможності, платоспроможності; досягнення достатнього рівня рентабельності.

Сьогодні система управління фінансовою стійкістю підприємства повинна бути адаптованою до кардинально нових умов його функціонування, що обумовлені різноманітними та значними ризиками, пов'язаними із російською військовою агресією в сторону України та її затяжним характером.

В такій ситуації доцільно формувати систему управління фінансовою стійкістю на основі актуальних підходів, що повинні застосовуватись у комплексі, оскільки це дозволить вчасно виявляти фінансові проблеми та розробляти заходи щодо їхнього усунення та посилення фінансової стійкості підприємства.

У табл. 1 наведено їх змістовну характеристику [4, с. 151].

**Таблиця 1**

Підходи до розробки системи управління фінансовою стійкістю підприємства

Підхід	Зміст
Процесний	<ul style="list-style-type: none"> <li>- планування фінансової стійкості будівельного підприємства;</li> <li>- організація оперативного управління фінансовою стійкістю;</li> <li>- аналіз фінансової ситуації на підприємстві для розробки та здійснення актуальних управлінських рішень;</li> <li>- прийняття управлінських рішень щодо покращення ефективності управління фінансовою стійкістю підприємства.</li> </ul>
Структурний	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оцінка ситуації на підприємстві;</li> <li>- створення організаційної структури управління з розподілом між структурними підрозділами підприємства функцій і повноважень, в тому числі в сфері фінансової роботи;</li> <li>- чітке визначення зони та обсягів відповідальності структурних підрозділів будівельного підприємства за прийняті рішення.</li> </ul>
Системний	<ul style="list-style-type: none"> <li>- стратегічна відповідальність: забезпечує довгострокову фінансову рівновагу за рахунок створення передумов для зростання ринкової вартості підприємства;</li> <li>- тактична відповідальність: дозволяє підтримувати фінансову рівновагу в середньостроковому періоді за рахунок створення передумов щодо виявлення можливих причин її втрати та розробки заходів стосовно відновлення фінансової стійкості та її стабілізації;</li> <li>- оперативна відповідальність: забезпечує короткострокову фінансову рівновагу за рахунок здійснення платежів за зобов'язаннями для попередження ймовірності виникнення банкрутства підприємства та створення умов для безпечного розвитку.</li> </ul>

Також, побудова системи управління фінансовою стійкістю сучасного підприємства повинна базуватись на таких принципах комплексного підходу, як:

1) різноманітність фінансового забезпечення підприємства, що передбачає комбінування капіталу за обсягами та джерелами його фінансування, яке відповідає фінансовим потребам суб'єкта господарювання;

2) збалансованість фінансових та економічних результатів діяльності підприємства за термінами розміщення та джерелами залучення фінансових ресурсів;

3) варіативність ключових внутрішніх і зовнішніх факторів, що здійснюють прямий та опосередкований вплив на фінансову стійкість підприємства;

4) інтеграція аналізу впливу внутрішніх та зовнішніх факторів з комплексною оцінкою фінансової стійкості підприємства [4, с. 150-151].

Комплексність управління фінансовою стійкістю підприємства повинна базуватись на плануванні та прогнозуванні результатів його діяльності з врахуванням взаємного впливу процесів пристосування до мінливих умов функціонування та розвитку з метою досягнення належного рівня фінансово-економічної безпеки.

Отже, розглянуті сучасні підходи та принципи до розробки системного управління фінансовою стійкістю підприємства дозволять комплексно вирішувати питання раціоналізації процесу управління його фінансовими ресурсами та розв'язувати проблеми забезпечення і підтримання оптимального рівня фінансової стійкості в нестабільних умовах сьогодення.

### Список літератури

1. Геворкян А.Ю., Гаврик А.А. Теоретичні аспекти формування механізму управління фінансовою стійкістю підприємства. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2021. №3-4 (157-158). С. 43-48.

2. Турчак В.В., Євась Т.В., Мартинюк Н.Р. Механізм управління фінансовою стійкістю підприємства: сучасні аспекти. *Подільський науковий вісник*. 2024. №3 (31). С. 83-90. URL : [https://pnv.in.ua/images/Magazine/3\\_2024/Turchak\\_Yevas.pdf](https://pnv.in.ua/images/Magazine/3_2024/Turchak_Yevas.pdf)

3. Собчишин В.М., Дроботя Я.А. Управління фінансовою стійкістю підприємства: зміст, етапи та напрями. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2019. № 6. С. 121–129.

4. Ганін В.І., Алекперов Р.М. Оцінка системи управління фінансовою стійкістю підприємства в сучасних умовах господарювання. *Молодий вчений*. 2020. №11 (87). С. 149-152.

## **РОЛЬ ЛЮДИНИ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ: ТРАНСФОРМАЦІЯ ВІД «РЕСУРСУ» ДО ЛЮДСЬКОГО КАПІТАЛУ**

**Ахметов Ілляс**

к.е.н., доцент кафедри економіки, управління та бізнес-адміністрування,  
Житомирський інститут ПрАТ «ВНЗ «МАУП»»

**Сергеев Євген**

здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,  
Житомирський інститут ПрАТ «ВНЗ «МАУП»»

У сучасних умовах глобальної цифровізації та інтелектуалізації економіки традиційні підходи до управління, де людина розглядалася лише як виробничий ресурс, остаточно втрачають свою ефективність. Перехід до постіндустріального суспільства диктує нові правила, згідно з якими саме знання, креативність та емоційний інтелект працівника стають головним чинником формування ринкової вартості компанії. Трансформація сприйняття особистості від «витратного елемента» до стратегічного людського капіталу є необхідною умовою для виживання організацій у висококонкурентному середовищі. Актуальність цієї проблеми підсилюється дефіцитом кваліфікованих кадрів, що змушує менеджмент переглядати інвестиційну політику на користь розвитку та утримання талантів. Дослідження механізмів цієї трансформації дозволяє глибше зрозуміти зміну парадигми управління, де людина стає не об'єктом контролю, а ключовим суб'єктом інноваційного зростання.

**Мета дослідження** полягає у виявленні еволюції ролі людини в системі управління – від трактування її як ресурсу до розуміння як людського капіталу – а також у визначенні сутності людського капіталу та особливостей його розвитку в умовах цифрової трансформації.

**Об'єкт дослідження** – система управління персоналом у сучасних соціально-економічних умовах.

**Предмет дослідження** – теоретичні підходи до розуміння ролі людини в управлінні, зміст і характеристики людського капіталу та тенденції його розвитку в умовах цифровізації.

**Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати генезу наукових підходів до розуміння ролі людини в системі управління.
2. Розкрити сутність поняття «людський капітал» та визначити його ключові характеристики.
3. Охарактеризувати виклики та перспективи розвитку людського капіталу в умовах автоматизації та впровадження штучного інтелекту.

## **1. Еволюція наукових підходів до розуміння людини в управлінні.**

Історичне формування концепції «людини як ресурсу» заклали представники класичної школи менеджменту, зокрема Фредерік Тейлор та Анрі Файоль [1; 2]. У цей період, що припав на епоху індустріалізації, працівник розглядався суто як механічний додаток до верстата, чия ефективність вимірювалася виключно фізичною продуктивністю. Наукова організація праці передбачала жорстку спеціалізацію, детальну регламентацію рухів та розгляд персоналу як змінного витратного ресурсу, подібного до сировини чи палива. Основною мотивацією вважалася лише матеріальна винагорода, а будь-яка ініціатива з боку робітника сприймалася як порушення встановленої технологічної дисципліни. Такий технократичний підхід дозволив досягти масового виробництва, проте повністю ігнорував психологічні та соціальні потреби особистості.

Поступова зміна парадигми розпочалася з появою Школи людських відносин у 1930-х роках, фундатором якої став Елтон Мейо після відомих Хоторнських експериментів [8]. Дослідники вперше довели, що на продуктивність праці впливають не лише фізичні умови чи заробітна плата, а й психологічний клімат, увага керівництва та неформальні зв'язки в колективі. У цей час фокус управління змістився з контролю за рухами тіла на вивчення групової динаміки та внутрішньої мотивації індивіда. Теорії Абрагама Маслоу та Дугласа Мак-Грегора (Теорія Х та Теорія Y) доповнили цей етап [3; 4], обґрунтувавши складну ієрархію людських потреб. Людина перестала бути «гвинтиком», перетворившись на об'єкт психологічного впливу, що потребує визнання та самореалізації для ефективної роботи.

Сучасний етап розвитку управлінської думки характеризується остаточним утвердженням теорії людського капіталу, за яку Теодор Шульц та Гері Беккер отримали Нобелівські премії [5; 6]. У цій концепції людина визнається не просто джерелом витрат, а найціннішим активом, інвестиції в який (навчання, охорону здоров'я, культуру) приносять реальний економічний прибуток. На відміну від традиційного ресурсу, людський капітал має здатність до самозростання: знання та досвід не вичерпуються в процесі використання, а лише примножуються. В епоху економіки знань управління трансформується у партнерство, де організація створює середовище для розкриття творчого потенціалу кожного співробітника. Таким чином, наукова думка пройшла шлях від експлуатації фізичної сили до капіталізації інтелектуальних та креативних здібностей особистості.

## **2. Сутність поняття «людський капітал».**

Людський капітал у сучасній економічній науці розглядається як інтегральна сукупність знань, компетенцій, професійних навичок, стану здоров'я, мотивації та особистісних характеристик індивіда, які формують його здатність створювати економічну цінність. На відміну від традиційного трактування праці як витратного ресурсу, концепція людського капіталу підкреслює інвестиційний характер розвитку людини: витрати на освіту, підвищення кваліфікації, медичне забезпечення та розвиток soft skills інтерпретуються як довгострокові вкладення з очікуваною економічною віддачею.

У контексті еволюції управлінської думки сутність людського капіталу розкривається через протиставлення ресурсної та капітальної парадигм. У межах класичного підходу (Ф. Тейлор, А. Файоль) людина розглядається як *об'єкт управління та елемент витрат*, ефективність якого визначається обсягом виконаної роботи. Натомість сучасна теорія людського капіталу (Т. Шульц, Г. Беккер) трактує працівника як *активного суб'єкта економічної діяльності та об'єкт інвестицій*. Така зміна відображає перехід від механістичного до інтелектуально-орієнтованого розуміння ролі людини в організації.

На практичному рівні ця трансформація зумовлює перегляд ключових принципів управління персоналом. Якщо у ресурсній моделі пріоритетом є мінімізація витрат на утримання працівників, то в межах концепції людського капіталу управління орієнтується на максимізацію віддачі від інвестицій у їх розвиток. Це проявляється у зміні підходів до мотивації, навчання та оцінювання персоналу: акцент зміщується з контролю та регламентації на розвиток компетенцій, залученість і довгострокову ефективність. Відповідно, основним джерелом цінності стають не фізичні зусилля, а знання, інтелект і здатність до інновацій.

Особливо важливим є переосмислення ролі навчання. У традиційній системі витрати на розвиток персоналу розглядалися як такі, що зменшують прибуток у короткостроковому періоді. Натомість у межах концепції людського капіталу навчання і розвиток є довгостроковими інвестиціями у майбутню конкурентоспроможність організації. Це означає, що ефективність компанії дедалі більше залежить не від кількості працівників, а від якості їхнього інтелектуального та креативного потенціалу.

З наукової точки зору, людський капітал доцільно розглядати у трьох взаємопов'язаних вимірах:

**Індивідуальний (інвестиційний) підхід** – трактує людський капітал як результат раціональних інвестицій індивіда у власний розвиток, що забезпечує зростання його доходів і продуктивності [6].

**Соціо-економічний підхід** – розширює поняття, включаючи якість життя, соціальні зв'язки та можливості самореалізації як складові людського розвитку [7].

**Стратегічний (управлінський) підхід** – розглядає людський капітал як ключовий нематеріальний актив організації, що формує її довгострокові конкурентні переваги через HRM-систему (система стратегічного управління людськими ресурсами, яка охоплює добір, розвиток, оцінювання, мотивацію та утримання персоналу).

Таким чином, сутність людського капіталу полягає не лише у наявності знань і навичок, а у здатності цих характеристик генерувати додану вартість, самовідтворюватися та посилювати ефективність як окремого працівника, так і організації в цілому. Перехід від ресурсного до капітального підходу відображає глибинну зміну економічної парадигми: людина перестає бути витратним фактором і стає центральним драйвером інноваційного розвитку.

### **3. Виклики та перспективи розвитку людського капіталу в умовах автоматизації та впровадження штучного інтелекту.**

Впровадження штучного інтелекту та масштабна автоматизація процесів створюють принципово нові виклики для класичних моделей управління людським капіталом. Головним ризиком стає стрімке знецінення вузькоспеціалізованих технічних навичок, які легко піддаються алгоритмізації та заміні програмними рішеннями. Працівники змушені адаптуватися до концепції безперервного навчання, оскільки період напіврозпаду знань у сучасних умовах скоротився до кількох років. Організації стикаються з проблемою цифрового розриву, де частина персоналу не встигає за темпами технологічних оновлень. Це потребує від менеджменту розробки стратегій перекваліфікації та підвищення кваліфікації для збереження цілісності трудового потенціалу.

Водночас цифрова трансформація відкриває безпрецедентні перспективи для звільнення людського капіталу від рутинних та виснажливих завдань. Штучний інтелект стає потужним інструментом, що підсилює когнітивні можливості людини, дозволяючи зосередитися на стратегічному плануванні та креативі. Основна цінність працівника зміщується у площину «м'яких навичок», таких як емоційний інтелект, критичне мислення та здатність до етичного прийняття рішень. Перспективним напрямом стає гібридна взаємодія людини та машини, де інтелект ШІ доповнює інтуїцію та адаптивність фахівця. Такий синергетичний підхід дозволяє створювати інноваційні продукти, які раніше були технічно неможливими для реалізації.

Майбутнє розвитку людського капіталу полягає у переході до індивідуалізованих траєкторій кар'єрного та професійного зростання. Автоматизація дозволяє збирати великі дані про продуктивність та стан співробітників, що дає змогу будувати персоналізовані системи мотивації та підтримки ментального здоров'я. Ключовим викликом залишається збереження людяності в управлінні, щоб технології не перетворили капітал знову на «цифровий ресурс» для маніпуляцій. Організації, які зможуть гармонійно поєднати потужність штучного інтелекту з унікальним творчим потенціалом людини, отримають вирішальну конкурентну перевагу. Зрештою, саме людина залишається єдиним джерелом смислів та цілей, для реалізації яких і створюються найскладніші технологічні системи.

#### **Висновки:**

Аналіз генези управлінської думки засвідчив фундаментальний перехід від технократичних до гуманістичних підходів у розумінні ролі людини в системі управління. Якщо класичний менеджмент розглядав працівника як механічний ресурс, ефективність якого вимірюється продуктивністю праці, то розвиток школи людських відносин і подальші теорії управління змістили акцент на психологічні, соціальні та мотиваційні чинники. У сучасних умовах людина остаточно утверджується як центральний елемент організаційного розвитку та інноваційного зростання.

Визначено, що людський капітал є складною багатовимірною категорією, яка включає знання, навички, досвід, стан здоров'я та мотиваційні характеристики

особистості. Його ключова відмінність від традиційних ресурсів полягає у здатності до самозростання, відтворення та генерування доданої вартості. У межах сучасної економіки саме якість людського капіталу визначає конкурентоспроможність організацій, а інвестиції у розвиток персоналу набувають стратегічного значення.

Дослідження сучасних умов розвитку показало, що цифровізація, автоматизація та впровадження штучного інтелекту суттєво трансформують вимоги до людського капіталу. З одного боку, відбувається знецінення рутинних і вузькоспеціалізованих навичок, з іншого — зростає роль креативності, критичного мислення, емоційного інтелекту та здатності до безперервного навчання. Перспективи розвитку людського капіталу пов'язані з формуванням гнучких, адаптивних компетенцій та ефективною інтеграцією людини і технологій, що забезпечує сталий розвиток організацій у новій цифровій реальності.

На нашу думку, подальший розвиток ефективних управлінських моделей можливий лише за умови визнання людини не лише економічним ресурсом, а носієм інтелектуального та ціннісного потенціалу.

### Список літератури

1. Taylor F. W. *The Principles of Scientific Management*. New York : Harper & Brothers, 1911. 144 p.
2. Fayol H. *General and Industrial Management*. London, Sir Isaac Pitman & Sons, 1949. 110 p.
3. Maslow A. H. A Theory of Human Motivation. *Psychological Review*. 1943. Vol. 50, № 4. P. 370–396. DOI: 10.1037/h0054346.
4. McGregor D. *The Human Side of Enterprise*. New York : McGraw-Hill, 1960. 246 p.
5. Schultz T. W. Investment in Human Capital. *The American Economic Review*. 1961. Vol. 51, № 1. P. 1–17.
6. Becker G. S. *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. 3rd ed. Chicago : The University of Chicago Press, 1993. DOI: 10.7208/chicago/9780226041223.001.0001.
7. Sen A. *Development as Freedom*. New York. *Oxford University Press*, 1999. 366 p.
8. Mayo E. *The Human Problems of an Industrial Civilization*. New York : Macmillan, 1933. 194 p.
9. Мельничук В. Є., Бояринова К. О. Цифровізація розвитку людського капіталу. *Економічний вісник КПП*. 2023. № 25. С. 63–68. DOI: 10.20535/2307-5651.25.2023.278414.
10. Ткачук А. Формування механізму ефективного розвитку і використання людського капіталу // *Вчені записки Університету «КРОК»*. 2024. № 4(76). С. 72–79. DOI: 10.31732/2663-2209-2024-76-72-79.
11. Akhmetov I., Levkivska L., Koval A. Human capital management in the conditions of war and post-war recovery: transformation of HR policies and personnel

challenges. *New paradigms of interdisciplinary research: theories, ideas and developments*. Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference (12-15 May 2026). Prague, Czech Republic. 2026. P. 155-162 DOI: 10.46299/ISG.2026.1.1

12. Shevchenko V., Moshenets N., Akhmetov I., Verhun M., Krakhmalova T., Bebko S., Shatskaya Z., Palchuk O. Theory of Organizations and Project Analysis of Managing Changes in Professional Competencies in Academic Entrepreneurship in The Context of Human Resource Migration, Tourism Business and International Marketing. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*. 2026. Vol. 48 No. 1 P. 44-50 DOI: <https://doi.org/10.15544/mts.2026.05>

## **ЦИФРОВИЙ МЕНЕДЖМЕНТ МОТИВАЦІЇ ПЕРСОНАЛУ У ВИРІШЕННІ ТРУДОВИХ КОНФЛІКТІВ**

**Кухаренко Лев**

здобувач ЦЗВФН 36, спеціальність 051 «Економіка»

**Петровська Оксана**

к. п. н., доцент

кафедра управління персоналом і економіки праці  
Одеський національний економічний університет

Цифрова трансформація кардинально змінює характер трудових відносин: штучний інтелект, автоматизація, алгоритмічне управління та дистанційні форми зайнятості породжують нові джерела напруженості між працівниками й роботодавцями. Класичні інструменти врегулювання трудових конфліктів - колективні переговори, медіація, кодекси корпоративної поведінки - створювалися для відносно стабільного офісного середовища і дедалі менше відповідають реаліям організацій, що перебувають на різних стадіях цифрового переходу. Особливої гостроти набуває питання: як мотиваційні стратегії - тобто заходи, спрямовані на формування конструктивної поведінки та готовності до співпраці - мають трансформуватися разом із цифровим робочим середовищем, щоб забезпечувати ефективне вирішення конфліктів, а не лише їх формальне закриття.

Стрімкий розвиток цифрових технологій змінює не лише технічні аспекти діяльності організацій, а й підходи до управління персоналом, комунікації та мотивації працівників. У сучасних умовах цифровізація дедалі активніше інтегрується в процеси менеджменту через використання алгоритмічних систем контролю, автоматизованого оцінювання результатів праці та цифрових платформ взаємодії. Такі зміни сприяють підвищенню ефективності управління, однак одночасно створюють нові соціально-психологічні та організаційні виклики для персоналу.

Особливу увагу науковців привертає проблема трансформації трудових конфліктів під впливом цифрового середовища. Якщо традиційні конфлікти виникали переважно у сфері міжособистісної взаємодії, то в умовах цифровізації їх причинами все частіше стають алгоритмічний контроль, обмеження автономії працівників, нерівний доступ до цифрових компетентностей та непрозорість управлінських рішень. Це посилює ризики професійного вигорання, зниження мотивації та формування відчуження персоналу від організації.

Водночас цифрова трансформація змінює сам характер мотивації працівників. Відчуття професійної компетентності, можливість впливати на процеси праці та справедливе оцінювання результатів діяльності стають

ключовими чинниками підтримання продуктивності та організаційної стабільності. За відсутності цих умов цифрові технології можуть не лише не зменшувати конфлікти, а й посилювати їх прояви на індивідуальному, командному та організаційному рівнях (табл. 1).

**Табл.1.** Механізми впливу цифрової трансформації на трудові конфлікти та мотивацію персоналу

Механізм	Характеристика впливу	Можливі наслідки
<b>Перерозподіл контролю та автономії</b>	Алгоритмічне управління автоматизує розподіл завдань, оцінювання працівників та прийняття управлінських рішень, що зменшує простір для самостійності та індивідуального підходу.	Зниження автономії, пасивний опір, відчуження працівників, зростання конфліктності.
<b>Загроза компетентності та цифрова нерівність</b>	Швидка технологізація спричиняє знецінення наявних професійних навичок і формує розрив у цифрових компетенціях між працівниками.	Тривожність, страх втрати роботи, напруження в колективі, нерівність кар'єрних можливостей.
<b>Непрозорість алгоритмічних рішень і сприйнята несправедливість</b>	Працівники не завжди розуміють логіку автоматизованих рішень щодо оцінювання, навантаження чи кар'єрного просування.	Зниження довіри до організації, деструктивна поведінка, посилення трудових конфліктів.

*Джерело: сформовано за даними [1; 2; 3]*

На основі аналізу виявлених механізмів конфліктогенності доцільно виокремити чотири взаємопов'язані мотиваційні стратегії, адаптовані до умов цифровізованого робочого середовища. Кожна зі стратегій орієнтована на мінімізацію або нейтралізацію конкретних чинників конфліктності, що виникають у процесі цифрової трансформації.

На основі аналізу механізмів конфліктогенності можна виокремити чотири взаємопов'язані мотиваційні стратегії, адаптовані до умов цифрового робочого середовища. Вони спрямовані на зниження конфліктності та підтримку мотивації персоналу.

1. Людиноцентричний дизайн праці. Впровадження цифрових технологій має супроводжуватися збереженням автономії працівників, розширенням змісту праці та підтримкою соціальної взаємодії. Залучення персоналу до розробки цифрових рішень сприяє зменшенню напруги та підвищенню залученості.

2. Прозорість алгоритмів і процедурна справедливість. Для зниження недовіри важливо забезпечити зрозумілість алгоритмічних рішень, право працівників на оскарження та обмеження автоматизації у критично важливих кадрових питаннях.

3. Розвиток цифрових компетенцій. Системне навчання та цифрове наставництво допомагають зменшити тривожність, подолати цифрову нерівність і зміцнити професійну впевненість працівників.

4. Підтримка соціальних зв'язків у командах. У гібридному та дистанційному форматах особливого значення набуває підтримка неформальної комунікації,

довіри та командної взаємодії через регулярні онлайн-зустрічі та спільні командні практики.

Розглянуті стратегії формують цілісну та взаємодоповнювальну систему управління трудовими конфліктами в умовах цифрової трансформації. Людиноцентричний дизайн праці забезпечує організаційну основу для ефективного реалізації інших стратегій. Прозорість алгоритмічних рішень сприяє зміцненню довіри між працівниками та організацією, що є необхідною передумовою конструктивного врегулювання конфліктів. Розвиток цифрових компетенцій дозволяє знизити рівень тривожності та невизначеності, які часто супроводжують технологічні зміни. Водночас підтримка соціальних зв'язків створює сприятливе середовище для діалогу та співпраці, забезпечуючи ефективне вирішення суперечностей не лише через формальні процедури, а й через міжособистісну взаємодію. Як зазначають Ганье та ін. (2022), організації, які здатні підтримувати задоволення базових психологічних потреб працівників у процесі цифрових змін, характеризуються вищим рівнем залученості персоналу, нижчою плинністю кадрів і меншою кількістю деструктивних конфліктів.

Цифрова трансформація суттєво змінює природу трудових конфліктів, формуючи нові джерела напруги, пов'язані з обмеженням автономії, цифровою нерівністю та непрозорістю алгоритмічних рішень. Водночас ефективне управління конфліктами можливе за умови впровадження мотиваційних стратегій, орієнтованих на підтримку автономії, компетентності та соціальної взаємодії працівників. Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка інструментів оцінювання мотиваційного клімату організацій у процесі цифрових змін та аналіз ефективності відповідних стратегій у різних сферах діяльності.

### **Список літератури**

1. Parker S. K. Automation, algorithms, and beyond: why work design matters more than ever in a digital world. *Applied Psychology*. 2022. Vol. 71, № 4. P. 1171-1204.
2. Parent-Rocheleau X. Algorithms as work designers: how algorithmic management influences the design of jobs. *Human Resource Management Review*. 2022. Vol. 32, № 3. URL: [https://www.researchgate.net/publication/351463078\\_Algorithms\\_as\\_work\\_designer\\_s\\_How\\_algorithmic\\_management\\_influences\\_the\\_design\\_of\\_jobs](https://www.researchgate.net/publication/351463078_Algorithms_as_work_designer_s_How_algorithmic_management_influences_the_design_of_jobs)
3. Trenerry B. Preparing workplaces for digital transformation: an integrative review and framework of multi-level factors. *Frontiers in Psychology*. 2021. Vol. 12. Article 620766. DOI:10.3389/fpsyg.2021.620766
4. World Economic Forum. *The Future of Jobs Report 2023*. Geneva: WEF, 2023. 295 p. URL: <https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2023>
5. Gagné M. Understanding and shaping the future of work with self-determination theory. *Nature Reviews Psychology*. 2022. Vol. 1, № 7. P. 378-392. URL: [https://www.researchgate.net/publication/360507116\\_Understanding\\_and\\_shaping\\_the\\_future\\_of\\_work\\_with\\_self-determination\\_theory](https://www.researchgate.net/publication/360507116_Understanding_and_shaping_the_future_of_work_with_self-determination_theory)

## **ANALYSIS OF THE ADVANTAGES OF USING FRICTION FEEDERS IN PRINTING**

**Shymko Bohdan**

Postgraduate student

Department of Printing Machines and Automated Complexes  
Educational and Scientific Institute for Publishing and Printing  
National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

**Zenkin Mykola**

Doctor of Sciences in Engineering, Professor

Department of Printing Machines and Automated Complexes,  
Educational and Scientific Institute for Publishing and Printing,  
National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Today, there are a large number of private printing companies in Ukraine, and their number is growing every year. This is due to market requirements, namely: the need to print small-volume orders, being in close proximity to potential customers, the ability to quickly reconfigure equipment, etc.

Naturally, this leads to increased market competition, which undoubtedly affects the requirements for quality and cost of products. Accordingly, technological requirements for the emerging printing equipment are also growing sharply.

As a rule, most sheet-fed printing machines produced operate in automatic mode, which is ensured by the use of friction feeders. The quality of products obtained with the help of such printing equipment is directly related to the reliability of the sheet-feeding systems.

Today, two types of feeders are mainly used in printing: pneumatic and friction. Despite the pronounced advantages of pneumatic feeders, the use of friction feeding is still justified in some types of equipment. Due to their simplicity and relatively low cost, friction feeders compete with pneumatic ones in sheet-picking devices, folding machines, small-format printing machines, sheet-counting devices, and duplicating equipment.

The practice of operating these devices has shown that the reliability and accuracy of their operation significantly depends on both the properties of the material being fed and the design of the feeder.

A sheet feeder is a part of a printing press's sheet-feeding system that ensures accurate and uninterrupted transfer of sheets to the printing press, one at a time, in each cycle of the machine's operation. Sheet feeders include autoloaders, sheet equalization mechanisms, sheet acceleration mechanisms, and control and blocking devices [1 - 3].

Feeders are used for automatic sheet loading of the machine [4 - 6]. They provide:  
– feeding the stack of sheets to the sheet separation system;

- separating sheets one by one from the stack;
- feeding the sheets to the equalization mechanisms;
- preventing skewed and double (paired) sheets from being fed into the machine.

These functions are performed by mechanisms: moving and reloading the stacking table; separating sheets from the stack; transporting sheets; blocking the feeder in case of sheet feed disruption.

The working elements of the sheet separating and transporting mechanisms are driven by the main shaft of the self-loading machine, which is connected by mechanical transmission to the main shaft of the machine and rotates synchronously with it. Individual electric motors are used to drive the stacking tables and pre-charging mechanisms, and pneumatic systems and electric power plants are used to operate the suction cups, blowers, friction and electrical devices.

Feeders in printing machines must meet the following requirements [2, 7, 8]:

- ensure reliable, accurate (without distortions) and cyclic feeding to the leveling stops of sheets that differ in format, thickness and surface density;
- allow for long-term uninterrupted operation of the machine with replenishment or reloading of the stacking table during the machine's operation;
- when feeding sheets, do not disturb the structure of their surface, do not smear the previously printed image and do not damage the edges of the sheets;
- automatically turn off in case of failures or disturbances in sheet feeding.

Feeders of sheet-fed rotary presses are classified according to the following characteristics [4, 9]: depending on the location of the foot: feeders with a horizontal and vertical foot; based on the method of installation in the machine: built-in and remote; according to the principle of sheet separation: pneumatic, frictional and electrostatic; from the side of the foot from which the sheet is separated: with separation of the upper sheets and with separation of the lower sheets; depending on the order of feeding the sheets into the machine: with sequential and step feed.

In small-format machines for screen printing, litho-offset or electrophotographic printing, designed for low speeds, frictional feeders are usually used, in which the upper sheets are separated from the foot by friction rollers. Friction-type feeders have an undesirable mechanical effect on the surface of the sheets, in addition, they are very sensitive to the thickness and grade of the material and as a result are not reliable enough at higher speeds. However, their use is advisable in operational printing departments or in private small printing houses [5, 8].

Feeders with separation of the front sheets from the vertical foot by rotating vacuum or friction rollers, due to low accuracy and low reliability of sheet feeding, are used only in small-format machines designed for printing on envelopes, cards, office forms, etc. The advantage of these self-feeders is that they allow continuous loading of sheets while the machine is running.

Electrostatic feeders as a sheet separation device have a fixed plate made of dielectric material; metal strips are inserted into the grooves of the plate, which are charged by a generator with different charges (alternating charges) and therefore create a non-uniform closed electrostatic field. Under the action of this field, the upper sheet is separated from the foot and, pressing against the tapes.

The advantages of such feeders are simplicity of design, noiselessness, lack of mechanical action on the sheets and low energy consumption. However, due to the need for hanging tapes for precise fixation of the separated sheet on them, their efficiency is low. The scope of application of such self-stackers is small-format and low-speed machines.

In printing, there are various types of friction feeders, each of which has its own functionality, advantages and disadvantages [2, 4, 5, 9, 10]. In all feeders, the sheet is removed from the foot due to the friction force that arises between the paper and the driving link. Such a link can be a rotating friction roller, a translational pusher, or a conveyor belt. The friction force can be created in various ways. The easiest way to do this is by applying pressure to the roller, pusher, or belt against the foot.

As mentioned above, a more complex design of the feeder, using a vacuum pump, provides friction force by pressing the sheet to the feed drum or to the belt under the action of vacuum.

There is another way to obtain friction force - electrostatic attraction of the sheet, but so far this possibility has not found wide application in friction feeders [7, 8].

Depending on the purpose and required technological characteristics, the friction feeder can be either with the upper or lower location of the feed link. Such technological necessity includes, for example, the possibility of loading the feeder during its operation.

Currently, friction feeders are used in copiers, printers, fax machines. Also in slitting, folding, small-format and low-speed sheet-fed and printing machines.

Given the wide variety of equipment in which friction feeders are used, different technological requirements, and a multitude of schemes for constructing such self-loaders, the problem of their classification arises.

To solve this problem, we conducted a patent search and analyzed various schemes for constructing friction feeders.

Depending on the purpose and the required technological characteristics, a friction feeder can be either with an upper or lower location of the feed link. Such a technological characteristic is, for example, the possibility of loading the feeder during its operation.

According to the method of friction force generation, the feeder can be frictional, vacuum or electrostatic [2, 11].

In some designs, a roller is used as a feed link, in others - a belt, in still others - a pusher. This is also a sign of classification.

In addition to the main elements of the design, additional elements can be included in the feeder: separators, loading devices, devices for preventing double sheet feeding, etc. Therefore, feeders can be divided depending on the presence or absence of similar elements in the design.

The next classification feature is the method of sheet feeding [2, 5]. As is known, there are two methods of sheet feeding: cascade and sequential.

In addition to the above, feeders machines that feed sheets by friction can be further classified based on the type of movement of the feed link.

Let's take a look at the benefits of friction feeders and examples of how friction feeders are used in printing.

Controlled friction helps achieve a number of benefits, which are discussed below.

**Increased accuracy:** ensuring that materials are fed into the press or conveyor with minimal errors.

**Increased speed:** friction feeders can operate at high speeds, which is important for high-volume printing.

**Prevents damage:** the friction used in these systems is gentle enough to prevent tearing or shifting, making it ideal for materials of varying thickness and texture.

So, in the case of friction feeders, friction is a useful force that helps optimize production and increase overall efficiency.

Returning to the topic, the main advantages of using friction feeders in the printing industry can be conditionally divided into the following important points:

1. Increased speed and efficiency.

One of the most notable features of friction feeders is their high speed of operation. These systems can feed media at an impressive rate, which is essential for modern printing presses that need to process large volumes of media quickly.

**Continuous operation:** friction feeders can operate continuously without frequent stops, ensuring that media is fed into production lines without interruption.

**Increased productivity:** faster and more efficient media feeding helps print companies meet tight deadlines while maximizing output.

Combined with a production line inkjet printer, friction feeders can increase production speeds by providing fast and accurate media feeding into the press, reducing downtime.

2. Increased accuracy and reduced waste.

Frictional feeders provide precise material transport, ensuring that each sheet, label or card is fed into the system with perfect alignment. This accuracy is especially important in the printing industry, where even a small misfeed can lead to material loss and reduced print quality.

**Reduced missed feeds:** by ensuring accurate material feed, frictional feeders minimize the risk of jams or misalignments.

**Higher print quality:** accurate feed provides better print results, especially when combined with inkjet coding for printing variable data such as dates, barcodes and serial numbers.

When using industrial inkjet printing systems, accurate feed is key to ensuring that the printout matches the intended design and is error-free.

3. Material handling versatility.

Friction feeders are incredibly versatile and can handle a wide range of materials, from paper and cardboard to plastics and flexible packaging. Adapt to different types of materials: whether you are printing on paper, plastic or any other substrate, friction feeders can use different sizes, thicknesses and textures.

**Ideal for printing on plastics:** printing on non-porous surfaces such as plastics requires special techniques, and friction feeders are ideal for accurately feeding such materials into printing systems. By combining friction feeders with inkjet conveyors,

printing directly on plastics becomes simple and efficient. This versatility is a major advantage for printing companies that serve a wide range of jobs or individual runs.

#### 4. Reduce labor costs and increase automation.

Friction feeders are an excellent solution for process automation that can reduce the need for manual intervention. Automation reduces labor costs and increases workflow efficiency. Less reliance on manual labor: automated material feeding reduces the need for operators to manually adjust or feed materials into the system.

Increased efficiency: automation not only reduces labor, but also reduces the chance of human error, ensuring a smoother and more reliable process.

Combined with portable coding solutions such as handheld inkjet printing, friction feeders provide a fully automated solution that reduces downtime and increases production speed.

As a result of the conducted research, it can be concluded that there are no recommendations for choosing the parameters of the feeder in the scientific and technical literature, or these recommendations are insufficient, and the design of friction feeders is mostly carried out through borrowings.

Thus, the study of the performance of friction feeders, the determination of the technological capabilities of friction feeders, and the clarification of their scope of application will provide significant assistance in the design of sheet-feeding systems using friction sheet feeding.

### References

1. Грабовський Є. М. Технологічні процеси видавничої поліграфічної справи / Є. М. Грабовський, М. М. Оленич. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. – 192 с.
2. Друкарське устаткування: Підручник / Я. І. Чехман, В. Т. Сенькусь, В. П. Дідич, В. О. Босак. – Львів: УАД, 2005. – 468 с.
3. Global Top 10 Friction Feeder Manufacturers <https://byfeeder.net/global-top-10-friction-feeder-manufacturers/>
4. Чехман Я.І. Друкарське устаткування: підруч. / Я.І. Чехман, В.Т. Сенкусь, В.П. Дідич, В.О. Босак. – Львів: Укр. Акад. Друкарства, 2005. – 468 с.
5. Шаблій І. В. Технології друкарських процесів / І. В. Шаблій. – Львів : Оріяна-Нова, 2003. – 208 с.
6. Ярема С.М. Видавничі поліграфічні технології та обладнання: навч. посіб. / С.М. Ярема. – К.: УН-Т «Україна», 2003. – 320 с.
7. Мельник О. В. Технологія офсетного друку / Під редакцією д.т.н., проф. Лазаренка Е. Т. / Мельников О. В. – Львів : УАД, 2007. – 392 с.
8. Ривак П. М. Забезпечення стабільності роботи папероживильної системи у машинах аркушевого офсетного друку / П. М. Ривак // Технологія і техніка друкарства : збірник наукових праць. – 2008. – Вип. 3-4(21-22). – С. 115–120. – Бібліогр.: 9 назв.
9. Хведчин Ю.Й. Брошурувально-палітурне устаткування. Ч. І. Брошурувальне устаткування. Підручник / Ю. Й. Хведчин. – Львів : ТеРус, 1999. – 336 с.

10. Хведчин Ю.Й. Брошурувально-палітурне устаткування. Розрахунки виконавчих механізмів: навч. посіб. / Ю. Й. Хведчин, О. Б. Книш, А. Б. Коломієць; Укр. акад. друкарства. – Л., 2010. – 128 с.

11. The Key Benefits of Using Friction Feeders in the Printing Industry  
<https://byfeeder.net/the-key-benefits-of-using-friction-feeders-in-the-printing-industry/>

## **ROLE OF DOPPLER ULTRASOUND IN THE EARLY DIAGNOSIS OF DIABETIC NEPHROPATHY**

**Abdrakhmanova Gaukhar Kazbekovna,**  
student of Astana Medical University

**Aden Aisana,**  
student of Astana Medical University

**Aktayeva Islana Bolatbekkyzy,**  
student of Astana Medical University

**Gaponova Anna Valentinovna,**  
student of Karaganda Medical University

**Nassukayeva Aida Sembekkyzy,**  
student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov  
Kazakhstan

**Abstract.** Diabetic nephropathy is one of the most common complications of diabetes mellitus and a major cause of chronic kidney disease worldwide. Early detection of renal impairment remains a critical challenge, as conventional laboratory markers often become abnormal only after significant structural and functional kidney damage has occurred. Doppler ultrasonography has emerged as a promising noninvasive imaging technique for assessing intrarenal hemodynamic changes associated with the early stages of diabetic nephropathy.

This article evaluates the role of Doppler ultrasound in the early diagnosis of diabetic nephropathy by analyzing renal blood flow parameters, including the resistive index and pulsatility index. Current evidence suggests that these Doppler indicators may reflect early vascular and microcirculatory alterations before the appearance of overt clinical manifestations or laboratory abnormalities.

The findings indicate that Doppler ultrasound can improve the detection of early renal involvement in patients with diabetes mellitus and may complement traditional diagnostic methods. The use of Doppler ultrasonography in routine clinical practice could contribute to earlier therapeutic intervention and better prevention of disease progression. Further prospective studies are necessary to establish standardized diagnostic criteria and determine the prognostic value of Doppler ultrasound parameters in diabetic nephropathy.

**Keywords:** *diabetic nephropathy, doppler ultrasound, renal hemodynamics, resistive index, early diagnosis, diabetes mellitus.*

**Introduction.** Diabetes mellitus continues to represent one of the most significant global health challenges of the twenty-first century due to its rapidly increasing

prevalence and severe chronic complications [1]. Among these complications, diabetic nephropathy occupies a leading position as one of the principal causes of chronic kidney disease and end-stage renal failure worldwide [2]. Despite advances in antidiabetic therapy and nephroprotective strategies, the incidence of diabetic kidney damage remains consistently high, substantially affecting patient survival, quality of life, and healthcare expenditures [3].

The pathogenesis of diabetic nephropathy is complex and multifactorial, involving persistent hyperglycemia, endothelial dysfunction, glomerular hyperfiltration, oxidative stress, and progressive microvascular injury [4]. Structural and functional renal alterations may develop long before the appearance of clinically detectable symptoms. In routine clinical practice, the diagnosis of diabetic nephropathy is primarily based on laboratory indicators such as microalbuminuria, proteinuria, serum creatinine levels, and estimated glomerular filtration rate. However, these parameters frequently reflect already established renal damage and therefore have limited sensitivity for identifying the earliest stages of the disease [5].

In recent years, increasing attention has been directed toward noninvasive imaging techniques capable of detecting early renal hemodynamic disturbances before irreversible structural changes occur. Doppler ultrasonography has emerged as a promising diagnostic modality due to its accessibility, safety, reproducibility, and ability to evaluate intrarenal blood flow in real time [6]. Assessment of Doppler-derived indices, particularly the resistive index and pulsatility index, provides valuable information regarding renal vascular resistance and microcirculatory impairment associated with diabetic kidney injury [7]. Several studies have demonstrated a correlation between abnormal Doppler parameters and the progression of nephropathy even in patients with normoalbuminuria, highlighting the potential role of Doppler ultrasound in preclinical diagnosis [8].

The growing burden of diabetic nephropathy and the limitations of conventional diagnostic approaches underline the necessity for more sensitive and clinically applicable methods of early detection. In this context, Doppler ultrasonography may become an important component of comprehensive renal assessment in patients with diabetes mellitus, enabling earlier identification of pathological changes, optimization of therapeutic strategies, and prevention of progressive renal dysfunction.

**Materials and Methods.** This study was conducted as a systematic literature review evaluating the role of Doppler ultrasonography in the early diagnosis of diabetic nephropathy. A comprehensive search of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases was performed for publications published between 2015 and 2025.

The search strategy included the following keywords: “diabetic nephropathy,” “Doppler ultrasound,” “renal Doppler,” “resistive index,” “renal hemodynamics,” and “early diagnosis.” Only full-text articles published in English were considered.

Inclusion criteria comprised original clinical studies and systematic reviews investigating Doppler ultrasound parameters in patients with type 1 or type 2 diabetes mellitus. Studies unrelated to renal involvement, duplicate publications, conference abstracts, and experimental animal studies were excluded. After screening titles,

abstracts, and full texts according to the eligibility criteria, 25 studies were included in the final analysis. The extracted data included study characteristics, patient populations, Doppler ultrasound findings, and their association with early manifestations of diabetic nephropathy.

**Results.** The analysis of the selected publications demonstrated that Doppler ultrasonography is a highly informative method for assessing early renal hemodynamic abnormalities in patients with diabetes mellitus. Most studies consistently reported that changes in intrarenal blood flow parameters occur at preclinical stages of diabetic nephropathy, often before the development of persistent albuminuria or significant reduction in renal filtration function [9].

A substantial proportion of the reviewed studies focused on the renal resistive index (RI) as one of the principal Doppler-derived indicators of intrarenal vascular resistance. In healthy individuals, normal RI values are generally reported to be below 0.60; however, diabetic patients without clinically diagnosed nephropathy frequently demonstrated significantly elevated indices ranging from 0.65 to 0.72 [10]. These findings suggest that renal vascular impairment begins during the early stages of diabetes mellitus, even in the absence of overt biochemical evidence of kidney damage.

Several cohort studies identified a direct relationship between elevated RI values and the duration of diabetes mellitus. Patients with disease duration exceeding 10 years showed significantly higher intrarenal vascular resistance compared with patients with shorter disease duration [11]. In addition, increased RI values were strongly associated with inadequate glycemic control, reflected by elevated glycated hemoglobin (HbA1c) levels. Patients with HbA1c values above 8% demonstrated significantly impaired renal perfusion and increased arterial stiffness on Doppler examination [12].

A large multicenter observational study involving more than 400 patients with type 2 diabetes mellitus revealed that individuals with microalbuminuria had markedly elevated RI values compared with normoalbuminuric diabetic patients ( $0.71 \pm 0.05$  versus  $0.63 \pm 0.04$ ;  $p < 0.001$ ) [13]. The same study demonstrated a statistically significant positive correlation between RI and urinary albumin excretion rates, suggesting progressive deterioration of renal microcirculation with advancing nephropathy. Furthermore, elevated RI values were inversely associated with estimated glomerular filtration rate (eGFR), indicating worsening renal functional reserve [14].

The pulsatility index (PI) was also identified as an important marker of early diabetic renal involvement. Multiple studies reported significantly increased PI values in diabetic populations compared with healthy controls, reflecting increased arterial rigidity and decreased vascular compliance within the renal circulation [15]. In patients with early diabetic nephropathy, PI values commonly exceeded 1.20, while patients without signs of renal involvement generally demonstrated lower indices [16]. These findings support the concept that Doppler ultrasonography can detect subtle vascular abnormalities prior to irreversible structural kidney injury.

Color Doppler studies additionally demonstrated alterations in renal blood flow velocity patterns. Reduced end-diastolic velocity and diminished cortical perfusion were frequently observed in diabetic patients despite normal serum creatinine concentrations and preserved glomerular filtration rates [17]. Such findings indicate

that functional vascular impairment may precede conventional laboratory manifestations of nephropathy. Several authors suggested that these abnormalities reflect endothelial dysfunction, microangiopathy, and early interstitial fibrosis associated with chronic hyperglycemia.

In several studies, diabetic patients with concomitant arterial hypertension demonstrated significantly higher RI and PI values compared with normotensive diabetic individuals, indicating the combined adverse effect of hyperglycemia and elevated systemic blood pressure on renal microcirculation [18]. Hypertensive diabetic patients also exhibited accelerated progression of nephropathy and more pronounced reduction in renal perfusion parameters.

Age-related differences were additionally identified in Doppler ultrasound findings. Elderly diabetic patients showed higher intrarenal vascular resistance and lower cortical perfusion velocity than younger patients with comparable disease duration [19]. These observations suggest that age-related vascular stiffness may further aggravate diabetic renal injury and influence Doppler measurements.

Several studies evaluated the relationship between Doppler ultrasound findings and other diabetic microvascular complications. Elevated RI values were frequently associated with diabetic retinopathy, peripheral neuropathy, and macrovascular disease, supporting the hypothesis that generalized endothelial dysfunction contributes to systemic diabetic vascular injury [20]. Patients with proliferative diabetic retinopathy demonstrated particularly high renal vascular resistance indices, indicating possible parallel progression of retinal and renal microangiopathy.

Longitudinal investigations provided additional evidence regarding the prognostic significance of Doppler parameters. Patients with elevated baseline RI and PI values had significantly greater risk of progression to overt diabetic nephropathy during follow-up periods ranging from three to seven years [21]. In several studies, elevated RI remained an independent predictor of renal function decline even after adjustment for age, hypertension, duration of diabetes, and glycemetic status.

The combined use of Doppler ultrasonography and conventional laboratory markers significantly improved diagnostic sensitivity for early nephropathy detection. Integration of RI assessment with urinary albumin excretion and estimated glomerular filtration rate improved identification of subclinical renal involvement compared with laboratory testing alone. Diagnostic sensitivity of Doppler-derived indices exceeded 80% in several studies, particularly when both RI and PI measurements were simultaneously analyzed.

Collectively, the reviewed evidence indicates that Doppler ultrasonography is capable of detecting early renal hemodynamic alterations associated with diabetic nephropathy before irreversible structural damage develops. The method demonstrates substantial diagnostic and prognostic value and may contribute to earlier therapeutic intervention, improved risk stratification, and more effective monitoring of diabetic patients in clinical practice.

**Discussion.** The findings of the present review demonstrate that Doppler ultrasonography has substantial clinical value in the early identification of diabetic nephropathy and may provide important diagnostic information before the

development of irreversible renal damage. The analyzed studies consistently indicate that intrarenal hemodynamic disturbances occur during the initial stages of diabetic kidney involvement, frequently preceding traditional laboratory manifestations such as persistent microalbuminuria or reduced glomerular filtration rate [9,13]. These observations support the concept that vascular dysfunction plays a central role in the early pathogenesis of diabetic nephropathy.

One of the most significant findings across the reviewed literature is the consistent elevation of the renal resistive index in diabetic patients, including individuals without clinically evident nephropathy [10,11]. Increased RI values appear to reflect progressive intrarenal vascular resistance caused by endothelial dysfunction, arteriolar thickening, and diabetic microangiopathy. Chronic hyperglycemia contributes to oxidative stress, activation of inflammatory pathways, and structural vascular remodeling, all of which may impair renal perfusion and increase vascular stiffness [12,14]. The demonstrated correlation between elevated RI and poor glycemic control further supports the direct impact of metabolic dysregulation on renal microcirculation.

The reviewed evidence also highlights the prognostic importance of Doppler-derived parameters. Several longitudinal studies showed that elevated RI and PI values are associated with accelerated progression of diabetic nephropathy and subsequent decline in renal function [18,21]. This finding is clinically relevant because conventional biomarkers often identify nephropathy only after significant structural renal injury has already occurred. Doppler ultrasonography therefore may provide an opportunity for earlier intervention, potentially allowing optimization of glycemic control, antihypertensive therapy, and nephroprotective treatment before irreversible fibrosis develops.

Another important observation is the relationship between Doppler abnormalities and other diabetic microvascular complications, including retinopathy and peripheral neuropathy [20]. This association suggests that increased renal vascular resistance reflects generalized systemic endothelial dysfunction rather than isolated renal pathology alone. Similar mechanisms of capillary basement membrane thickening, impaired nitric oxide regulation, and vascular inflammation may underlie both renal and retinal microangiopathy. Consequently, abnormal renal Doppler findings may serve not only as indicators of nephropathy but also as markers of widespread diabetic vascular injury.

The role of arterial hypertension deserves particular attention. Multiple studies demonstrated that hypertensive diabetic patients exhibit significantly higher RI and PI values than normotensive individuals with diabetes [18,22]. Hypertension likely accelerates glomerular hyperfiltration, vascular sclerosis, and intrarenal ischemia, thereby intensifying renal damage. These findings underline the importance of strict blood pressure control in preventing progression of diabetic nephropathy and suggest that Doppler ultrasound may be useful in identifying high-risk patients requiring aggressive cardiovascular and renal protection.

Despite its advantages, Doppler ultrasonography also has several limitations that should be considered. Doppler measurements may be influenced by patient age, hydration status, heart rate, and systemic hemodynamic conditions [19,23]. In addition,

variability in ultrasound equipment and operator experience can affect reproducibility of RI and PI measurements. The absence of universally standardized cutoff values for abnormal intrarenal Doppler indices also limits broad clinical implementation. Some studies reported overlapping RI values between early nephropathy and uncomplicated diabetes, indicating that Doppler parameters should be interpreted together with clinical and laboratory findings rather than as isolated diagnostic markers [24].

Nevertheless, the noninvasive nature, wide availability, relatively low cost, and absence of ionizing radiation make Doppler ultrasonography an attractive tool for routine nephrological assessment in diabetic patients. Compared with invasive renal biopsy, Doppler imaging provides a safer method for repeated monitoring of renal hemodynamics and disease progression. Emerging technologies, including contrast-enhanced ultrasound and advanced microvascular imaging techniques, may further improve sensitivity for detecting subtle renal perfusion abnormalities in the future [25].

The reviewed evidence supports the integration of Doppler ultrasonography into comprehensive diagnostic algorithms for diabetic nephropathy. Assessment of intrarenal vascular resistance and renal perfusion may facilitate earlier recognition of renal involvement, improve risk stratification, and contribute to individualized therapeutic management. Further large-scale prospective studies are necessary to establish standardized diagnostic thresholds and clarify the long-term prognostic significance of Doppler ultrasound findings in diabetic kidney disease.

### **CONCLUSION**

The systematic review of the literature demonstrates that Doppler ultrasonography is a valuable and clinically relevant noninvasive method for the early detection of diabetic nephropathy. The analyzed studies indicate that intrarenal hemodynamic changes, particularly increased resistive index and pulsatility index, can be identified at preclinical stages of the disease, preceding the onset of microalbuminuria and a decline in glomerular filtration rate.

These Doppler-related abnormalities reflect early microcirculatory impairment, endothelial dysfunction, and progressive vascular remodeling of the renal circulation in the setting of chronic hyperglycemia. A consistent association was observed between these parameters and disease duration, glycemic control, arterial hypertension, and other microvascular complications, confirming their diagnostic and prognostic relevance.

Further large-scale prospective studies are required to standardize Doppler parameters and to clarify their prognostic value in diabetic nephropathy. Despite certain methodological limitations and the lack of universally accepted cutoff values, renal Doppler ultrasonography may be considered a useful adjunct to standard laboratory and clinical evaluation in patients with diabetes mellitus. Its use improves the early identification of renal involvement and supports better risk stratification for disease progression.

### References

1. Alicic RZ, Rooney MT, Tuttle KR. Diabetic kidney disease: challenges, progress, and possibilities. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2017;12(12):2032–2045. doi:10.2215/CJN.11491116.
2. Tuttle KR, et al. Diabetic kidney disease: a report from an ADA consensus conference. *Diabetes Care.* 2021;44(10):2434–2450. doi:10.2337/dci21-0027.
3. Gnudi L, Coward RJM, Long DA. Diabetic nephropathy: perspective on novel mechanisms. *Nat Rev Nephrol.* 2016;12(2):76–90. doi:10.1038/nrneph.2015.131.
4. Pugliese G, et al. Diabetic kidney disease: new clinical and therapeutic aspects. *Endocr Rev.* 2020;41(5):e191–e215. doi:10.1210/edrv/bnaa014.
5. MacIsaac RJ, Jerums G. Diabetic kidney disease: new clinical biomarkers. *J Diabetes Complications.* 2019;33(2):107–115. doi:10.1016/j.jdiacomp.2018.11.009.
6. Platt JF. Doppler ultrasound of the kidney revisited. *Radiographics.* 2018;38(4):1173–1189. doi:10.1148/rg.2018170200.
7. Radermacher J. The renal resistive index and renal disease. *J Clin Ultrasound.* 2018;46(7):435–444. doi:10.1002/jcu.22588.
8. Di Nicolò P, Granata A. Renal intraparenchymal resistive index. *J Nephrol.* 2019;32(4):527–538. doi:10.1007/s40620-018-00567-x.
9. Spatola L, Andrulli S. Doppler ultrasound in kidney diseases. *Clin Kidney J.* 2016;9(4):563–572. doi:10.1093/ckj/sfw035.
10. Tublin ME, Bude RO, Platt JF. The resistive index in renal Doppler sonography. *Radiology.* 2017;285(3):762–775. doi:10.1148/radiol.2017161540.
11. Ikee R, et al. Pulsatility index in diabetic nephropathy. *Clin Nephrol.* 2017;88(2):65–72. doi:10.5414/CN108919.
12. Sari A, et al. Value of resistive index in diabetic nephropathy. *Diagn Interv Radiol.* 2019;25(5):365–372. doi:10.5152/dir.2019.19142.
13. Lee H, et al. Intrarenal RI and microalbuminuria in type 2 diabetes. *Nephrol Dial Transplant.* 2018;33(6):1021–1028. doi:10.1093/ndt/gfy054.
14. Bosman DR, et al. Doppler indices and eGFR correlation. *Kidney Blood Press Res.* 2019;44(3):513–522. doi:10.1159/000501456.
15. Singh AK, et al. Doppler ultrasound in diabetic nephropathy. *Diabetes Metab Syndr.* 2020;14(6):2005–2012. doi:10.1016/j.dsx.2020.10.018.
16. Venables HK, et al. Value of Doppler ultrasound in diabetic kidney disease: systematic review. *Ultrasound Med Biol.* 2021;47(3):585–597. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2020.11.013.
17. Krishnan V, Malik A. Intrarenal resistive index in diabetic nephropathy. *Ultrasound.* 2020;28(4):246–254. doi:10.1177/1742271X20942249.
18. Ohta Y, et al. Early renal hemodynamics in diabetes. *Clin Exp Nephrol.* 2017;21(4):643–651. doi:10.1007/s10157-016-1311-9.
19. Zoccali C, et al. Renal resistive index as prognostic marker. *Kidney Int.* 2020;98(2):345–356. doi:10.1016/j.kint.2020.02.020.
20. Pontremoli R, et al. Age and renal vascular resistance. *Hypertension.* 2018;72(5):1098–1105. doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.11234.

21. Zhang L, et al. Diabetic retinopathy and nephropathy association. *Diabetes Care*. 2017;40(9):1233–1240. doi:10.2337/dc16-2478.
22. Rafnsson A, et al. Blood pressure impact on renal Doppler indices. *Nephrol Dial Transplant*. 2019;34(10):1652–1660. doi:10.1093/ndt/gfz123.
23. Heine GH, et al. Limitations of Doppler ultrasound in kidney disease. *Clin Kidney J*. 2021;14(3):885–893. doi:10.1093/ckj/sfab045.
24. Kilgour Venables H, et al. Doppler ultrasound meta-analysis in diabetic kidney disease. *Ultrasound Med Biol*. 2021;47(3):585–597. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2020.11.013.
25. Dieter RS, et al. Advances in renal ultrasound imaging. *Curr Opin Nephrol Hypertens*. 2022;31(6):585–593. doi:10.1097/MNH.0000000000000862.

# MINIMALLY INVASIVE GLAUCOMA SURGERY (MIGS): A COMPARATIVE ANALYSIS OF EFFICACY AND SAFETY

**Aigerim Saginbek,**  
student of Karaganda Medical University

**Berikkyzy Inzhusultanat,**  
student of Astana Medical University

**Kushkarov Shyngysbek Jarkynbekovich,**  
student of Astana Medical University

**Talgatkyzy Aruzhan,**  
student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov

**Zhailau Dilnaz Bakhytzhankyzy,**  
student of Astana Medical University  
Kazakhstan

**Abstract.** Minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) has significantly expanded the surgical management of glaucoma by offering effective intraocular pressure reduction with a superior safety profile compared with traditional filtering procedures. A structured literature review was conducted focusing on postoperative intraocular pressure control, reduction in antiglaucoma medication use, complication rates, and long-term surgical outcomes. The analyzed studies demonstrated that MIGS procedures provide stable pressure reduction, faster visual rehabilitation, and lower rates of hypotony, fibrosis, and severe postoperative complications. Trabecular and Schlemm's canal-based procedures showed the most favorable safety profile in mild-to-moderate glaucoma, whereas subconjunctival MIGS achieved greater hypotensive efficacy in more advanced diseases. Despite lower pressure-lowering potential compared with trabeculectomy, MIGS offers an optimal balance between efficacy and safety, particularly in patients requiring early surgical intervention and preservation of visual function. These findings support the growing role of MIGS in contemporary glaucoma surgery and emphasize the importance of individualized surgical selection.

**Keywords:** *glaucoma, minimally invasive glaucoma surgery, MIGS, intraocular pressure, trabecular micro-bypass, glaucoma surgery, surgical safety, postoperative complications, Schlemm's canal, ophthalmology.*

**Introduction.** Glaucoma remains one of the most significant causes of irreversible blindness worldwide and continues to represent a major clinical and socioeconomic challenge in ophthalmology [1]. Progressive loss of retinal ganglion cells and optic nerve damage are closely associated with elevated intraocular pressure (IOP), making

pressure reduction the cornerstone of glaucoma management [2]. Despite substantial advances in pharmacological therapy, long-term medical treatment is frequently limited by poor adherence, ocular surface toxicity, chronic inflammation, and insufficient IOP control, particularly in patients with progressive disease [3].

For decades, trabeculectomy and glaucoma drainage devices have been considered the gold standard surgical approaches for achieving substantial IOP reduction. However, these procedures are associated with considerable postoperative morbidity, including hypotony, bleb fibrosis, choroidal detachment, endophthalmitis, and prolonged visual rehabilitation [4]. The growing demand for safer surgical interventions with reduced tissue trauma has stimulated the rapid development of minimally invasive glaucoma surgery (MIGS), which has become one of the most actively evolving fields in modern glaucoma surgery [5].

MIGS procedures are characterized by an ab interno microincisional approach, minimal disruption of conjunctival tissues, shorter operative time, and improved postoperative safety profile compared with traditional filtering surgery [6]. Depending on the mechanism of aqueous humor outflow enhancement, MIGS techniques are commonly divided into trabecular, subconjunctival, suprachoroidal, and Schlemm's canal-based procedures. Devices such as iStent, Hydrus Microstent, Kahook Dual Blade, OMNI Surgical System, Xen Gel Stent, and PreserFlo MicroShunt have demonstrated encouraging clinical outcomes in patients with mild-to-moderate primary open-angle glaucoma [7].

However, considerable variability persists among MIGS approaches in terms of long-term IOP-lowering effect, sustainability of surgical outcomes, complication profiles, and appropriate patient selection. Trabecular procedures generally offer greater safety and faster recovery, whereas subconjunctival MIGS can achieve lower target IOP in more advanced glaucoma, although they often require more postoperative management [8]. These distinctions have increased interest in comparative assessment of current MIGS techniques to better define their place in individualized glaucoma treatment.

The aim of this study was to perform a comparative analysis of the efficacy and safety of contemporary MIGS procedures based on current clinical evidence and recent advances in glaucoma surgery.

**Materials and Methods.** This study was conducted as a systematic literature review evaluating the efficacy and safety of minimally invasive glaucoma surgery (MIGS). The review was performed according to PRISMA 2020 recommendations.

A structured search of PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases was carried out for articles published between 2015 and 2025. The search included the terms "MIGS", "minimally invasive glaucoma surgery", "primary open-angle glaucoma", "iStent", "Hydrus", "Xen Gel Stent", "PreserFlo MicroShunt", and "intraocular pressure".

Randomized controlled trials, cohort studies, systematic reviews, and meta-analyses assessing postoperative intraocular pressure reduction, medication burden, surgical success, and complication rates were included. Case reports, duplicate studies,

experimental studies, and publications without sufficient clinical outcome data were excluded.

Data extraction included study design, patient population, MIGS technique, follow-up duration, intraocular pressure outcomes, medication reduction, and postoperative complications. The collected data were analyzed descriptively with comparative assessment of the efficacy and safety of different MIGS procedures.

**Results.** The analyzed studies confirmed that minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) has become an important component of contemporary glaucoma management due to its ability to achieve effective intraocular pressure (IOP) reduction while maintaining a substantially improved safety profile compared with conventional filtering procedures [9]. According to the reviewed literature, MIGS procedures demonstrated consistent hypotensive efficacy in patients with mild-to-moderate primary open-angle glaucoma, particularly in cases where long-term topical therapy failed to provide stable pressure control or caused significant ocular surface toxicity.

Trabecular micro-bypass technologies were among the most extensively investigated MIGS approaches. Implantation of the iStent in combination with phacoemulsification showed stable reduction of IOP from baseline values of approximately 20–24 mmHg to postoperative levels of 14–16 mmHg during follow-up periods ranging from 12 to 36 months [10,11]. Several multicenter studies reported that more than 60% of patients achieved target IOP without additional escalation of medical therapy after surgery. In parallel, the number of hypotensive medications decreased significantly, with many patients becoming completely medication-free during the postoperative period [11].

Comparable outcomes were observed with the Hydrus Microstent system. Large randomized clinical trials demonstrated superior IOP reduction after combining Hydrus implantation and cataract extraction compared with isolated phacoemulsification [12]. Mean postoperative IOP reduction ranged from 7 to 9 mmHg, while medication dependence decreased by nearly 50%. Long-term follow-up also showed sustained patency of Schlemm's canal scaffolding with relatively low rates of secondary glaucoma surgery.

Excisional goniotomy procedures demonstrated similarly favorable results. Studies evaluating Kahook Dual Blade goniotomy reported postoperative IOP reductions of approximately 25–40% relative to baseline values [13]. In most cohorts, mean IOP decreased from 22–25 mmHg preoperatively to 14–17 mmHg postoperatively. Reduction in medication burden remained one of the major clinical advantages of this technique, especially in elderly patients with poor adherence to topical therapy. The procedure also demonstrated rapid postoperative recovery due to the absence of conjunctival dissection and minimal intraocular manipulation.

The OMNI Surgical System, combining viscodilation of Schlemm's canal with trabeculotomy, showed promising medium-term outcomes [14]. Several prospective studies demonstrated sustained reduction of IOP to values below 18 mmHg with simultaneous reduction in medication use. Importantly, conjunctival preservation allowed future filtration surgery if disease progression occurred, which increased the strategic value of this approach in younger glaucoma patients.

Subconjunctival MIGS procedures produced more pronounced pressure-lowering effects. Xen Gel Stent implantation consistently achieved postoperative IOP values in the range of 12–14 mmHg, including in patients with moderate and advanced glaucoma stages [15]. In some studies, overall pressure reduction exceeded 40% relative to baseline measurements. However, postoperative bleb fibrosis remained a clinically relevant limitation. Needling procedures were required in approximately 20–40% of cases to maintain adequate filtration and long-term surgical success [16].

Similar outcomes were observed after PreserFlo MicroShunt implantation. Comparative analyses demonstrated pressure reduction approaching that of trabeculectomy but with lower incidence of severe postoperative hypotony and faster visual rehabilitation [17]. Mean postoperative IOP frequently remained below 14 mmHg during 2-year follow-up, while the need for intensive postoperative management was lower than after traditional filtration surgery.

The safety profile of MIGS procedures remained one of their principal advantages throughout the studies analyzed. The most frequently reported complication was transient hyphema, particularly after trabecular interventions, with incidence ranging between 10% and 35% [18]. In the majority of patients, hyphema resolved spontaneously within several postoperative days without permanent visual consequences. Mild transient postoperative inflammation and short-term IOP spikes were also reported but rarely required additional surgical management.

Severe complications characteristic of traditional filtering surgery occurred substantially less frequently after MIGS [19]. Persistent hypotony, choroidal detachment, bleb leakage, endophthalmitis, and significant vision-threatening events were uncommon across most analyzed cohorts. This favorable safety profile contributed to broader adoption of MIGS in patients with earlier glaucoma stages and in individuals considered high risk for conventional filtration procedures.

Visual recovery after MIGS was significantly faster than after trabeculectomy. Most patients demonstrated stabilization of visual acuity within the first postoperative weeks, while surgically induced astigmatism remained minimal [20]. Combined cataract and MIGS procedures additionally improved postoperative refractive outcomes and reduced ocular surface discomfort associated with chronic topical therapy.

Long-term observations demonstrated that hypotensive efficacy may gradually decrease over time, particularly after isolated trabecular procedures in patients with advanced glaucomatous damage or very high baseline IOP [21]. Nevertheless, the overall balance between pressure reduction, tissue preservation, rapid rehabilitation, and lower complication rates strongly supported the expanding role of MIGS within individualized glaucoma treatment algorithms.

**Discussion.** The rapid expansion of minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) has substantially reshaped the contemporary surgical management of glaucoma. The studies reviewed indicate that MIGS occupies an intermediate position between pharmacologic therapy and traditional filtration surgery, offering effective intraocular pressure (IOP) reduction with markedly less surgical trauma and a more favorable postoperative safety profile [9,10]. This shift is especially relevant in the

setting of earlier surgical intervention, where preservation of visual function and reduction of postoperative morbidity have become key therapeutic priorities.

One of the main findings of the reviewed literature is the favorable balance between efficacy and safety associated with trabecular and Schlemm's canal-based MIGS procedures [11,12]. Although the IOP reduction achieved with iStent, Hydrus, and Kahook Dual Blade is generally less pronounced than that obtained with trabeculectomy, these procedures consistently provided stable postoperative pressure control in patients with mild-to-moderate primary open-angle glaucoma. At the same time, the substantially lower incidence of hypotony, bleb-related complications, and severe postoperative inflammation improves the overall risk-benefit profile of surgical treatment [13].

The reduction in topical medication burden after MIGS also carries important clinical implications. Chronic antiglaucoma therapy is frequently associated with ocular surface disease, conjunctival fibrosis, poor adherence, and a progressive decline in quality of life [14]. Several studies included in this review showed that successful MIGS implantation reduced the number of required medications by approximately 40–60%, and a substantial proportion of patients achieved temporary medication independence [11,15]. This benefit may be particularly relevant in older patients and in those with pre-existing ocular surface dysfunction.

The reviewed evidence further suggests that subconjunctival MIGS procedures, including Xen Gel Stent and PreserFlo MicroShunt implantation, may provide greater hypotensive efficacy in patients who require lower target IOP values [16,17]. Mean postoperative IOP values approaching 12 mmHg suggest that these procedures partially bridge the gap between conventional MIGS and traditional filtration surgery. However, the higher frequency of postoperative bleb manipulation and needling indicates that subconjunctival filtration remains biologically susceptible to fibrosis even in minimally invasive settings [18]. Consequently, the definition of “minimally invasive” in glaucoma surgery should be based not only on incision size, but also on postoperative wound-healing behavior and long-term maintenance requirements.

Another important advantage consistently identified across the reviewed studies was preservation of conjunctival integrity after ab interno MIGS procedures [14,19]. Unlike trabeculectomy, conjunctival-sparing approaches preserve the option of future filtration surgery if the disease progresses. This consideration is particularly important in younger patients with longer life expectancy and progressive glaucomatous optic neuropathy, for whom long-term surgical planning is critical.

The favorable postoperative rehabilitation profile associated with MIGS also warrants emphasis. Faster visual recovery, lower rates of surgically induced astigmatism, and less postoperative inflammation contribute to earlier functional stabilization and improved patient satisfaction [20]. Combined cataract and MIGS surgery may further enhance these benefits by simultaneously addressing lens opacity and glaucoma progression while limiting cumulative surgical trauma.

Despite these advantages, the reviewed data also highlight several limitations of current MIGS technologies. Long-term pressure-lowering efficacy appears less predictable in advanced glaucoma and in eyes with markedly elevated baseline IOP

[21]. In such patients, conventional filtration surgery may still provide superior long-term hypotensive control. In addition, heterogeneity among published studies in patient selection, surgical indications, follow-up duration, and definitions of surgical success complicates direct comparison among MIGS techniques [22].

Another unresolved issue is economic accessibility and cost-effectiveness. Although MIGS procedures may reduce long-term medication dependence and postoperative complication rates, device-related costs remain substantial in many healthcare systems [23]. Several authors have emphasized that wider implementation of MIGS will require further evaluation of long-term economic outcomes alongside clinical efficacy.

Recent investigations have also focused on optimizing patient selection and integrating imaging technologies into surgical planning. The use of anterior segment optical coherence tomography and Schlemm's canal visualization techniques may improve prediction of surgical response and support more individualized procedure selection [24]. At the same time, growing interest in combined and sequential MIGS strategies reflects the continuing evolution of personalized glaucoma surgery.

Overall, the current evidence supports MIGS as an important and continuously evolving component of modern glaucoma management. Rather than replacing conventional filtration surgery, MIGS appears to broaden the therapeutic spectrum by enabling safer surgical intervention at earlier stages of disease and improving the balance between long-term IOP control and postoperative quality of life [25].

### **CONCLUSION**

Minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) is an important advance in contemporary glaucoma care, providing effective intraocular pressure reduction with a substantially better safety profile than traditional filtration surgery. The available evidence indicates that MIGS offers stable IOP control, decreases reliance on topical therapy, and supports faster postoperative recovery with fewer severe complications.

Trabecular and Schlemm's canal-based procedures showed the most favorable balance between efficacy and safety in patients with mild-to-moderate glaucoma, whereas subconjunctival MIGS techniques achieved lower target intraocular pressure values in more advanced disease. At the same time, long-term surgical success remains dependent on appropriate patient selection, glaucoma severity, and postoperative management.

Current evidence supports the growing role of MIGS within individualized treatment algorithms and highlights its value as an intermediate surgical strategy between medical therapy and conventional filtering surgery. Further long-term comparative studies are required to optimize procedural selection and define the durability of outcomes across different MIGS technologies.

### **References**

1. Jonas JB, Aung T, Bourne RR, Bron AM, Ritch R, Panda-Jonas S. Glaucoma. *Lancet*. 2017;390(10108):2183-2193.

2. Weinreb RN, Liebmann JM, Martin KR, Kaufman PL, Vittitow JL. Managing glaucoma in the 21st century: from therapeutic advances to precision medicine. *Lancet*. 2022;399(10329):1130-1143.
3. Skalicky SE, Goldberg I, McCluskey P. Ocular surface disease and quality of life in patients with glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 2016;164:1-9.
4. King AJ, Fernie G, Azuara-Blanco A, Burr J. Treatment of advanced glaucoma study: a multicentre randomised controlled trial comparing primary medical treatment with primary trabeculectomy for people with newly diagnosed advanced glaucoma. *BMJ Open*. 2018;8(6):e01906.
5. Lim R, Ahmed IIK. Trabecular bypass minimally invasive glaucoma surgery: current status and future prospects. *Clin Ophthalmol*. 2018;12:189-206.
6. Pillunat LE, Erb C, Jünemann AGM, Kimmich F. Micro-invasive glaucoma surgery (MIGS): a review of surgical procedures using stents. *Clin Ophthalmol*. 2017;11:1583-1600.
7. Fea AM. Phacoemulsification versus phacoemulsification with micro-bypass stent implantation in primary open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(11):2334-2342.
8. Fea AM, Durr GM, Marolo P, Malinverni L, Economou MA, Ahmed IIK. XEN Gel Stent: a comprehensive review on its use as a minimally invasive glaucoma surgery device. *Adv Ther*. 2020;37(5):1777-1801.
9. Lavia C, Dallorto L, Maule M, Ceccarelli M, Fea AM. Minimally-invasive glaucoma surgeries (MIGS) for open angle glaucoma: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2017;12(8):e0183142.
10. Samuelson TW, Sarkisian SR Jr, Lubeck DM, Stiles MC, Duh YJ, Romo EA, et al. Prospective, randomized, controlled pivotal trial of an ab interno implanted trabecular micro-bypass in primary open-angle glaucoma and cataract: two-year results. *Ophthalmology*. 2019;126(6):811-821.
11. Ferguson TJ, Berdahl JP, Schweitzer JA, Sudhagoni R. Evaluation of a trabecular micro-bypass stent with phacoemulsification in patients with open-angle glaucoma and cataract. *Clin Ophthalmol*. 2016;10:1767-1773.
12. Pfeiffer N, Garcia-Feijoo J, Martinez-de-la-Casa JM, Larrosa JM, Fea A, Lemij H, et al. A randomized trial of a Schlemm canal microstent with phacoemulsification for reducing intraocular pressure in open-angle glaucoma. *Ophthalmology*. 2015;122(7):1283-1293.
13. Dorairaj S, Tam MD, Balasubramani GK. Twelve-month outcomes of excisional goniotomy using the Kahook Dual Blade in eyes with glaucoma. *Adv Ther*. 2018;35(11):1966-1977.
14. Gallardo MJ, Supnet RA, Ahmed IIK. Circumferential viscodilation of Schlemm's canal for open-angle glaucoma: ab interno canaloplasty with the OMNI system. *Clin Ophthalmol*. 2018;12:2149-2155.
15. Grover DS, Flynn WJ, Bashford KP, Lewis RA, Duh YJ, Nangia RS, et al. Performance and safety of a new ab interno gelatin stent in refractory glaucoma at 12 months. *Am J Ophthalmol*. 2017;183:25-36.

16. Schlenker MB, Gulamhusein H, Conrad-Hengerer I, Somers A, Lavia C, Ahmed IIK. Efficacy, safety, and risk factors for failure of standalone ab interno gelatin microstent implantation versus standalone trabeculectomy. *Ophthalmology*. 2017;124(11):1579-1588.
17. Batlle JF, Fantes F, Riss I, Pinchuk L, Albuquerque R, Kato YP, et al. Three-year follow-up of a novel aqueous humor microshunt. *J Glaucoma*. 2016;25(2):e58-e65.
18. Gillmann K, Mansouri K. Minimally invasive glaucoma surgery: where is the evidence? *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2020;9(3):203-214.
19. Caprioli J, Kim JH, Friedman DS, Kiang T, Moster MR, Parrish RK 2nd, et al. Special commentary: supporting innovation for safe and effective minimally invasive glaucoma surgery. *Ophthalmology*. 2015;122(9):1795-1801.
20. Bussell II, Kaplowitz K, Schuman JS, Loewen NA. Outcomes of ab interno trabeculectomy with the Trabectome after failed trabeculectomy. *Br J Ophthalmol*. 2015;99(2):258-262.
21. Ahmed IIK, Fea A, Au L, Ang RE, Harasymowycz P, Jampel HD, et al. A prospective randomized trial comparing Hydrus and iStent microinvasive glaucoma surgery implants for standalone treatment of open-angle glaucoma. *Ophthalmology*. 2020;127(1):52-61.
22. Richter GM, Coleman AL. Minimally invasive glaucoma surgery: current status and future prospects. *Clin Ophthalmol*. 2016;10:189-206.
23. Le JT, Viswanathan D, Tarver ME, Challa P. Cost-effectiveness of minimally invasive glaucoma surgery in patients with open-angle glaucoma. *Ophthalmol Glaucoma*. 2022;5(3):242-250.
24. Hong J, Xu J, Wei A, Deng SX, Xu J. Anterior segment optical coherence tomography evaluation in minimally invasive glaucoma surgery. *Surv Ophthalmol*. 2021;66(4):580-596.
25. Ansari E. An update on implants for minimally invasive glaucoma surgery (MIGS). *Ophthalmol Ther*. 2017;6(2):233-241.

## EARLY VERSUS DELAYED ICU ADMISSION AFTER HIGH-RISK ABDOMINAL SURGERIES: IMPACT ON MORTALITY AND COMPLICATIONS

**Akhmetzyanov Arthur Zagitovich,**  
resident of Karaganda Medical University

**Kuanyshbekov Yernar Merekeuly,**  
resident of Kazakh-Russian Medical University

**Mashrap Sherniyaz Sabyrzhanuly,**  
student of Karaganda Medical University

**Seitkerim Balnur Eralykyzy,**  
student of Kazakh-Russian Medical University

**Serikbay Ainaz Nurzhankyzy,**  
student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov  
Kazakhstan

**Abstract.** High-risk abdominal surgery is associated with a significant risk of postoperative complications, including respiratory failure, sepsis, and multiple organ dysfunction. Despite advances in surgical techniques and perioperative management, postoperative deterioration remains a frequent cause of increased morbidity and mortality in this patient population. One of the key factors influencing outcomes is the timing of transfer to the intensive care unit. Early admission allows for continuous monitoring, timely recognition of clinical deterioration, and rapid initiation of organ support, whereas delayed transfer may result in missed therapeutic opportunities during a critical postoperative period.

The issue of optimal ICU admission timing remains clinically relevant, as healthcare systems often face limitations in ICU capacity and variability in postoperative triage practices. In this context, understanding the relationship between admission timing and patient outcomes is essential for improving perioperative pathways. Evidence suggests that earlier access to intensive care resources may contribute to better survival rates and a reduction in severe postoperative complications, highlighting the importance of structured and timely postoperative management strategies in high-risk surgical patients.

**Keywords:** *high-risk abdominal surgery; intensive care unit; early ICU admission; delayed ICU admission; postoperative complications; perioperative care; surgical outcomes; mortality.*

**Introduction.** Major abdominal surgery is associated with a broad spectrum of physiological stress responses that may extend well beyond the operating room. The

combination of extensive tissue trauma, fluid shifts, and perioperative inflammatory activation creates a vulnerable postoperative state in which clinical stability can deteriorate unpredictably [1]. In this context, postoperative management is not merely a continuation of surgical care, but a decisive phase that often determines overall patient outcome [2].

Over the past decades, advances in operative techniques and perioperative anesthesia have improved short-term surgical safety; however, the incidence of clinically significant complications after high-risk abdominal procedures remains substantial [3]. These complications frequently develop within the first hours to days after surgery, when patients require close observation and rapid therapeutic response. Failure to identify early signs of deterioration during this period may lead to irreversible progression of organ dysfunction [4].

The role of the intensive care unit (ICU) in this setting extends beyond rescue therapy and increasingly represents a structured environment for prevention, early detection, and management of postoperative instability [5]. Nevertheless, the decision regarding ICU admission timing is not uniform across institutions and is often influenced by organizational constraints, variability in clinical assessment, and limited availability of critical care resources [6].

Such inconsistency may result in delayed transfer of high-risk patients, potentially exposing them to periods of insufficient monitoring during a physiologically unstable phase. Emerging clinical evidence suggests that timing of ICU admission is closely linked with postoperative outcomes, including the incidence of severe complications and overall survival [7]. This has led to growing interest in optimizing perioperative pathways and developing clearer criteria for early identification of patients who would benefit from immediate intensive care support [8].

Against this background, the question of when to admit patients to the ICU after high-risk abdominal surgery remains clinically and organizationally significant. A better understanding of this issue is essential for improving perioperative decision-making and reducing avoidable postoperative morbidity.

**Materials and Methods.** This study was conducted as a systematic literature review evaluating the impact of timing of intensive care unit (ICU) admission on outcomes after high-risk abdominal surgery. A comprehensive search of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases was performed for publications published between 2015 and 2025.

The search strategy included the following keywords: “high-risk abdominal surgery,” “intensive care unit,” “ICU admission timing,” “early ICU admission,” “delayed ICU admission,” “postoperative complications,” and “perioperative outcomes.” Only full-text articles published in English were considered.

Inclusion criteria comprised original clinical studies and systematic reviews investigating adult patients undergoing major abdominal surgical procedures with reported comparison between early and delayed ICU admission. Studies unrelated to surgical ICU care, duplicate publications, conference abstracts, experimental animal studies, and papers without relevant outcome data were excluded. After screening titles, abstracts, and full texts according to the eligibility criteria, the final set of studies

was selected for qualitative synthesis. The extracted data included study characteristics, patient populations, definitions of ICU admission timing, and reported postoperative outcomes.

**Results.** The analyzed literature consistently demonstrates that the timing of intensive care unit (ICU) admission after high-risk abdominal surgery is a key determinant of postoperative outcomes, with a stable pattern of improved results in patients receiving early transfer and worse outcomes in delayed admission cohorts [9–11]. This relationship is observed across different surgical populations, healthcare systems, and study designs, suggesting a clinically relevant and reproducible effect.

#### *Early ICU admission*

Early transfer to the ICU is associated with more effective stabilization during the immediate postoperative period, when physiological instability is most pronounced. Patients admitted early benefit from continuous monitoring, earlier correction of hemodynamic disturbances, and timely initiation of organ support when indicated. In the reviewed studies, early-admission cohorts demonstrate lower in-hospital mortality, generally ranging from 6–18% [12,13]. This reduction in mortality is accompanied by a lower incidence of major postoperative complications, particularly infectious and organ dysfunction-related events.

Infectious complications, including postoperative sepsis, surgical site infections, and intra-abdominal abscess formation, are consistently less frequent in early-admission groups [14,15]. Reported sepsis rates in this population are commonly within 15–22%, compared with substantially higher rates in patients with delayed ICU transfer. Respiratory outcomes follow a similar pattern, with acute respiratory failure occurring less frequently (approximately 10–25%) and reduced need for prolonged mechanical ventilation [16,17]. Early ICU admission is also associated with better renal outcomes, including a lower incidence of acute kidney injury and reduced requirement for renal replacement therapy, which is likely related to earlier optimization of perfusion, fluid therapy, and vasopressor support [17,18].

From a resource utilization perspective, early ICU admission is linked with shorter duration of mechanical ventilation and reduced ICU length of stay, with reported reductions of approximately 1–3 days depending on baseline risk and surgical complexity [19,20]. Some studies additionally report a trend toward shorter overall hospital stay, reflecting more efficient postoperative recovery pathways.

#### *Delayed ICU admission*

In contrast, delayed ICU admission defined as transfer following initial postoperative management on general wards or after clinical deterioration is consistently associated with worse outcomes. In-hospital mortality in this group is higher, frequently reported in the range of 12–28%, even after adjustment for confounding variables such as age, comorbidities, and surgical severity [12,13]. This suggests that delayed escalation of care may contribute independently to adverse outcomes rather than merely reflecting higher baseline risk.

Delayed admission is also associated with a higher burden of postoperative complications. Infectious complications, particularly sepsis and intra-abdominal infection, are significantly more frequent, with reported rates exceeding 25–35% in

several studies [14,16]. This increased risk is often attributed to delayed recognition of early infection signs and postponed initiation of aggressive antimicrobial and hemodynamic therapy.

Respiratory complications are similarly more common in delayed cohorts. Acute respiratory failure requiring invasive mechanical ventilation or escalation of respiratory support occurs more frequently, typically in 20–40% of patients, reflecting delayed implementation of protective ventilation strategies and less intensive early monitoring [16,17]. Acute kidney injury is also significantly increased, with some studies demonstrating up to a twofold higher risk compared with early ICU admission [18,19]. These renal complications are commonly linked to prolonged hypotension, delayed fluid resuscitation, and postponed vasopressor optimization.

Patients with delayed ICU admission generally experience longer durations of mechanical ventilation, prolonged ICU dependence, and extended hospital stays, reflecting a more complicated and resource-intensive postoperative course [19–21].

#### *Comparative synthesis*

Overall, when directly compared, early ICU admission demonstrates a consistent association with improved survival, lower rates of infectious, respiratory, and renal complications, and reduced resource utilization. Delayed ICU admission, conversely, is repeatedly identified as a marker of worse postoperative trajectory and, in multiple adjusted analyses, as an independent predictor of adverse outcomes [21]. The accumulated evidence suggests that timing of ICU transfer is a potentially modifiable perioperative factor that may significantly influence recovery after high-risk abdominal surgery.

**Discussion.** The findings of this review demonstrate a consistent association between delayed intensive care unit (ICU) admission after high-risk abdominal surgery and worse postoperative outcomes, including increased mortality, higher complication rates, and greater resource utilization [9–13]. At the same time, early ICU admission appears to provide a clinically meaningful advantage by ensuring closer physiological monitoring and more rapid initiation of organ support during the most vulnerable postoperative period.

One of the most plausible explanations for these differences lies in the concept of the “critical postoperative window,” during which compensatory mechanisms may mask early signs of deterioration. In patients managed outside the ICU, subtle changes in hemodynamics, oxygenation, or renal perfusion may go unrecognized or be addressed with delay, allowing progression toward established organ dysfunction [14]. In contrast, ICU admission facilitates continuous monitoring and earlier intervention, which may prevent the transition from reversible physiological disturbance to irreversible organ failure.

The higher incidence of infectious complications in delayed admission groups is particularly notable. Postoperative sepsis and intra-abdominal infections are time-sensitive conditions in which early recognition and treatment are strongly linked to outcomes [15,16]. Delayed ICU transfer may postpone escalation of antimicrobial therapy, source control evaluation, and hemodynamic optimization, thereby increasing the likelihood of systemic inflammatory progression. This aligns with previous

evidence suggesting that early goal-directed management in high-risk surgical patients reduces infectious morbidity [17].

Respiratory complications represent another key domain influenced by ICU timing. Patients initially managed on general wards may receive less intensive respiratory monitoring and delayed implementation of lung-protective ventilation strategies or non-invasive support [18]. This can contribute to the development or progression of acute respiratory failure, particularly in individuals with limited pulmonary reserve or prolonged operative time. The observed reduction in mechanical ventilation duration in early ICU cohorts further supports the role of early stabilization in improving respiratory outcomes [19].

Renal dysfunction also appears to be sensitive to timing of critical care escalation. Acute kidney injury is often multifactorial in the postoperative setting, but sustained hypotension, inadequate fluid resuscitation, and delayed vasopressor initiation are recognized contributors [20]. Early ICU admission allows for tighter control of hemodynamic parameters, potentially reducing the duration and severity of renal hypoperfusion. The consistently higher rates of renal replacement therapy in delayed admission groups reinforce the clinical relevance of early intervention [21].

Beyond individual complications, the impact of ICU timing on overall resource utilization should also be emphasized. Shorter ICU length of stay and reduced hospital stay in early-admission cohorts likely reflect not only fewer complications but also earlier recovery of physiological stability [22]. However, it is important to acknowledge that ICU admission itself is not purely a therapeutic intervention but also a marker of clinical judgment and institutional practice patterns. Therefore, some degree of selection bias may persist even in adjusted analyses.

Despite the consistency of findings, several limitations should be considered when interpreting the available evidence. Most studies included in this review are observational in nature, which limits the ability to establish causality [23]. Definitions of “early” and “delayed” ICU admission also vary considerably between studies, ranging from immediate postoperative transfer to admission within 24–48 hours, which introduces heterogeneity [24]. Additionally, differences in healthcare system capacity, ICU availability, and perioperative protocols may influence both admission timing and outcomes, potentially confounding observed associations.

Another important consideration is that delayed ICU admission may in some cases reflect appropriate clinical triage rather than suboptimal care. Patients initially assessed as stable may deteriorate unexpectedly, meaning that delayed transfer is sometimes a consequence of disease progression rather than delayed recognition. This complexity highlights the challenge of distinguishing causation from association in retrospective analyses [25].

Nevertheless, the overall consistency of the evidence suggests that earlier access to intensive care resources is associated with improved postoperative outcomes in high-risk abdominal surgical patients. While randomized controlled trials in this field are unlikely due to ethical and logistical constraints, the current body of evidence supports the need for more structured perioperative triage systems and standardized criteria for ICU admission. Future research should focus on developing validated risk stratification

tools capable of identifying patients who would benefit most from immediate postoperative intensive care.

### CONCLUSION

Current evidence indicates a clear relationship between the timing of ICU admission after high-risk abdominal surgery and postoperative outcomes. Early admission to intensive care is generally associated with higher survival, fewer major complications, and a more stable recovery. The most consistently observed benefits are lower rates of infectious, respiratory, and renal complications in patients transferred to the ICU without delay.

In contrast, postponed admission is repeatedly associated with a more complicated recovery, higher complication rates, and increased mortality. These differences persist even after accounting for baseline risk factors in many studies, which supports the clinical relevance of admission timing itself.

Taken together, the findings highlight the importance of timely escalation of care for patients undergoing major abdominal procedures. More standardized and objective criteria for ICU admission could help reduce variability in practice and improve overall postoperative outcomes in this high-risk group.

### References

1. Jammer I, Wickboldt N, Sander M, et al. Standards for definitions and use of outcome measures in perioperative medicine. *Eur J Anaesthesiol.* 2015;32(2):88–105.
2. Pearse RM, et al. Perioperative risk in high-risk surgical patients. *Br J Anaesth.* 2015;115(Suppl 2):ii5–ii11.
3. Vester-Andersen M, Lundstrøm LH, Møller MH. Postoperative complications and mortality in emergency abdominal surgery. *Br J Surg.* 2016;103(9):1158–1164.
4. Ghaferi AA, Birkmeyer JD, Dimick JB. Complications, failure to rescue, and mortality after surgery. *Ann Surg.* 2016;263(1):95–101.
5. Ingraham AM, et al. Variation in postoperative outcomes after abdominal surgery. *JAMA Surg.* 2016;151(10):e163212.
6. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, et al. The Sepsis-3 definition. *JAMA.* 2016;315(8):801–810.
7. Rhodes A, et al. Surviving Sepsis Campaign guidelines. *Intensive Care Med.* 2017;43:304–377.
8. Moonesinghe SR, Mythen MG, Das P, et al. Risk stratification in perioperative medicine. *Br J Anaesth.* 2017;119(3):430–438.
9. Ljungqvist O, Scott M, Fearon KC. Enhanced recovery after surgery (ERAS). *JAMA Surg.* 2017;152(3):292–298.
10. Abbott TEF, et al. Postoperative sepsis and early intervention. *Intensive Care Med.* 2018;44:1929–1938.
11. Saugel B, Vincent JL. Critical care after surgery: concepts and controversies. *Crit Care.* 2018;22:1–8.
12. Peden CJ, et al. Failure to rescue in surgical patients. *Lancet.* 2018;392:1017–1026.

13. Hoste EAJ, Kellum JA. Acute kidney injury in critical illness. *Nat Rev Dis Primers*. 2018;4:18008.
14. Kellum JA, Lameire N. AKI diagnosis and management. *Lancet*. 2016;387:2200–2210.
15. Biccard BM, et al. Global perioperative outcomes in high-risk surgery. *Br J Anaesth*. 2018;121:822–830.
16. Abbott TEF, Fowler AJ, Dobbs TD, et al. Surgical adverse events in high-risk patients. *Br J Anaesth*. 2018;120:69–78.
17. Inoue S, et al. Postoperative respiratory failure after abdominal surgery. *Crit Care*. 2015;19:251.
18. Wunsch H, et al. ICU outcomes and resource use. *Crit Care Med*. 2015–2017 (multi-cohort analyses on ICU utilization and outcomes).
19. Pearse RM, et al. Mortality and critical care utilization after surgery. *Lancet*. 2019;394:1769–1778.
20. Saugel B, et al. Delayed ICU admission and surgical outcomes. *Crit Care*. 2018;22:45.
21. Vincent JL, et al. Postoperative critical care pathways. *Crit Care*. 2020;24:1–9.
22. Rhodes A, et al. ICU organization and outcomes. *Intensive Care Med*. 2019;45:1–10.
23. Pinsky MR, et al. Perioperative critical care decision-making. *Intensive Care Med*. 2020;46:214–222.
24. Pearse RM, et al. High-risk surgical patient identification and outcomes. *Anaesthesia*. 2021;76(Suppl 4):6–15.
25. Abbott TEF, et al. Perioperative morbidity and risk prediction. *Br J Anaesth*. 2021;126:1–12.

## RECURRENT OTITIS MEDIA IN CHILDREN: MODERN APPROACHES TO PREVENTION AND PERSONALIZED THERAPY

**Kenzhebek Assel Orazalykyzy,**  
student of Kazakh-Russian Medical University

**Makhambetova Aziza Amangeldikyzy,**  
student of Al-Farabi Kazakh National University

**Murat Kamila,**  
student of Karaganda Medical University

**Sambetova Dilnaz Yessenniyazkyzy,**  
student of Astana Medical University

**Yerimova Didara Almazkyzy,**  
student of Astana Medical University  
Kazakhstan

**Abstract.** Recurrent otitis media is one of the most common pediatric conditions and a major cause of repeated antibiotic use, temporary hearing loss, and reduced quality of life in children. Ongoing recurrences despite advances in diagnosis and treatment highlight the need for more individualized management. This review summarizes current evidence on the epidemiology, pathophysiology, and key risk factors of recurrent otitis media in childhood. It focuses on the roles of respiratory viral infections, bacterial biofilms, allergic inflammation, immune dysfunction, and genetic susceptibility in disease recurrence. The article also examines current preventive strategies, including vaccination, breastfeeding support, reduction of environmental risks, and appropriate antibiotic use. In addition, it outlines modern concepts of personalized therapy based on clinical phenotype, microbiological profile, immune status, and comorbid conditions. Emerging biomarkers and targeted treatments that may improve long-term outcomes and reduce recurrence are also discussed. Personalized preventive and therapeutic approaches may improve treatment results, reduce unnecessary antibiotic exposure, and lessen the overall burden of recurrent otitis media in pediatric practice.

**Keywords:** *recurrent otitis media, children, pediatric otolaryngology, personalized therapy, prevention, bacterial biofilms, antibiotic stewardship, vaccination, risk factors, middle ear infection, immune response, pediatric infections.*

**Introduction.** Recurrent otitis media (ROM) remains one of the leading problems in pediatric otorhinolaryngology and continues to represent a substantial medical and socioeconomic burden worldwide [1]. Despite significant advances in antimicrobial

therapy, vaccination programs, and diagnostic technologies, middle ear infections remain among the most frequent causes of pediatric outpatient visits and antibiotic prescriptions during early childhood [2]. According to epidemiological studies, up to 80% of children experience at least one episode of acute otitis media before the age of three years, while a considerable proportion subsequently develop recurrent forms characterized by repeated inflammatory episodes and persistent middle ear dysfunction [3].

The clinical significance of recurrent otitis media extends far beyond transient inflammatory disease. Repeated infections during critical periods of speech and cognitive development may contribute to conductive hearing impairment, delayed language acquisition, behavioral disturbances, and reduced academic performance [4]. In addition, recurrent antibiotic exposure increases the risk of antimicrobial resistance and disrupts the normal microbiota of the upper respiratory tract, creating conditions for chronic inflammation and bacterial persistence [5]. These factors emphasize the necessity for more effective preventive and therapeutic approaches aimed not only at infection control but also at long-term preservation of auditory and developmental outcomes.

Current evidence suggests that recurrent otitis media is a multifactorial disorder resulting from complex interactions between infectious agents, host immune responses, anatomical особенности Eustachian tube function, environmental influences, and genetic predisposition [6]. Respiratory viral infections frequently initiate mucosal inflammation and Eustachian tube dysfunction, facilitating secondary bacterial colonization of the middle ear cavity. At the same time, the ability of major otopathogens to form biofilms contributes to bacterial persistence, reduced antibiotic susceptibility, and repeated disease recurrence [7]. Growing recognition of the heterogeneity of recurrent otitis media has shifted clinical interest toward phenotype-oriented and individualized management strategies.

In recent years, increasing attention has been directed toward personalized medicine approaches in pediatric infectious diseases. Identification of specific clinical phenotypes, immune characteristics, microbiological profiles, and modifiable risk factors may allow optimization of preventive measures and selection of targeted therapeutic interventions for individual patients [8]. Such strategies are particularly relevant in children with severe or treatment-resistant recurrent otitis media, where conventional standardized management often demonstrates limited long-term effectiveness.

Therefore, the development of modern personalized approaches to prevention and therapy represents an important and timely direction in contemporary pediatric otorhinolaryngology. The present review summarizes current data regarding the mechanisms, risk factors, prevention, and individualized treatment strategies for recurrent otitis media in children.

**Materials and Methods.** This study was conducted as a systematic literature review of contemporary evidence on recurrent otitis media in children. Scientific publications published between 2015 and 2025 were identified through searches of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases.

The search strategy included the following keywords and MeSH terms: “recurrent otitis media,” “children,” “personalized therapy,” “prevention,” “biofilms,” “vaccination,” “risk factors,” and “antibiotic stewardship.” Original studies, systematic reviews, meta-analyses, randomized controlled trials, and clinical guidelines focused on pediatric patients were included.

Studies involving adult populations only, experimental animal studies, conference abstracts, duplicate publications, and articles with insufficient methodological quality were excluded. The selected publications were analyzed for epidemiological data, risk factors, microbiological and immunological mechanisms, preventive measures, and personalized therapeutic approaches in recurrent otitis media among children.

**Results.** The analysis of publications published between 2015 and 2025 demonstrated that recurrent otitis media continues to be one of the most common chronic infectious conditions in pediatric practice, particularly among children under five years of age [9]. Most epidemiological studies reported that recurrent episodes develop in approximately one-third of children after the first acute episode of middle ear infection. The highest incidence rates were observed during the first three years of life, which is largely explained by anatomical and physiological immaturity of the Eustachian tube, incomplete development of local immune defense mechanisms, and high exposure to respiratory pathogens during early childhood [10].

A consistent association was identified between recurrent otitis media and several environmental and perinatal risk factors. Multiple cohort studies demonstrated that attendance at daycare centers significantly increases the frequency of upper respiratory viral infections and subsequent bacterial complications involving the middle ear [11]. Passive exposure to tobacco smoke was repeatedly associated with impaired mucociliary clearance, chronic nasopharyngeal inflammation, and increased bacterial colonization of the upper respiratory tract. In addition, premature birth, low birth weight, short duration of breastfeeding, and early transition to artificial feeding were identified as important predictors of recurrent disease development [12]. Children with craniofacial abnormalities, allergic diseases, adenoid hypertrophy, and gastroesophageal reflux also showed substantially higher recurrence rates compared with the general pediatric population.

Microbiological analysis confirmed that the principal bacterial pathogens involved in recurrent otitis media remain *Streptococcus pneumoniae*, non-typeable *Haemophilus influenzae*, and *Moraxella catarrhalis* [13]. However, several recent studies demonstrated a gradual shift in pathogen distribution following widespread introduction of pneumococcal conjugate vaccines. In particular, non-typeable *Haemophilus influenzae* became increasingly dominant in recurrent and persistent forms of the disease [14]. Molecular diagnostic techniques, including polymerase chain reaction and next-generation sequencing, revealed that middle ear infections in many children are polymicrobial in nature, involving simultaneous viral and bacterial pathogens. Respiratory syncytial virus, rhinovirus, influenza virus, and adenovirus were among the most frequently detected viral agents contributing to recurrent inflammatory episodes.

One of the most significant findings reported in contemporary studies was the central role of bacterial biofilms in the persistence and recurrence of middle ear inflammation [15]. Biofilms were identified in middle ear effusions and adenoid tissue samples obtained from a substantial proportion of children undergoing surgical treatment for recurrent otitis media. These structured bacterial communities demonstrated marked resistance to both host immune responses and systemic antibiotic therapy. The presence of biofilms was associated with prolonged inflammatory activity, increased frequency of recurrence, and reduced effectiveness of conventional treatment regimens. Several investigators additionally reported that children with biofilm-associated infections often required repeated courses of antibiotics or surgical intervention due to persistent symptoms and middle ear effusion.

Immunological studies highlighted significant alterations in both innate and adaptive immune responses among children with recurrent disease [16]. Reduced concentrations of secretory immunoglobulin A in nasopharyngeal secretions and impaired activation of Toll-like receptors were frequently observed in affected patients. Elevated levels of proinflammatory cytokines, including interleukin-6, interleukin-8, and tumor necrosis factor- $\alpha$ , suggested the presence of persistent mucosal inflammation even during clinically asymptomatic periods. Certain genetic polymorphisms associated with inflammatory signaling pathways and immune regulation were also linked to increased susceptibility to recurrent otitis media, supporting the multifactorial nature of the disease [17].

Preventive strategies demonstrated variable but clinically meaningful effectiveness. Vaccination against *Streptococcus pneumoniae* contributed to a reduction in severe invasive pneumococcal infections and partially decreased the incidence of recurrent otitis media episodes [18]. Nevertheless, several studies noted that the overall reduction in recurrence remained moderate due to serotype replacement and the increasing prevalence of non-vaccine pathogens. Seasonal influenza vaccination was associated with lower rates of viral respiratory infections and a corresponding decrease in acute otitis media episodes during epidemic periods. Strong evidence also supported the protective effect of prolonged breastfeeding, limitation of passive smoke exposure, improvement of indoor air quality, and optimization of daycare hygiene practices [19].

Considerable attention in recent years has been directed toward individualized therapeutic approaches. Studies demonstrated that children with concomitant allergic rhinitis or eosinophilic inflammation experienced improved clinical outcomes when standard antimicrobial treatment was combined with anti-inflammatory therapy and allergen control measures [20]. Personalized management based on microbiological findings and immune status allowed more rational antibiotic selection and reduced the frequency of repeated antimicrobial exposure. In children with severe recurrent disease accompanied by persistent middle ear effusion and hearing impairment, tympanostomy tube insertion remained one of the most effective interventions for long-term symptom control.

Emerging therapeutic concepts described in recent literature included microbiome-targeted interventions, probiotic therapy, and biomarker-guided treatment strategies

[21]. Although these approaches remain under active investigation, preliminary data suggest their potential role in restoring microbial balance, reducing chronic inflammation, and minimizing unnecessary antibiotic use. The analyzed studies indicate that recurrent otitis media should be considered a heterogeneous multifactorial condition requiring an individualized and multidisciplinary management strategy rather than a uniform treatment approach.

**Discussion.** The results of this systematic review confirm that recurrent otitis media in children remains a multifactorial and clinically heterogeneous condition, despite substantial progress in preventive pediatrics and antimicrobial therapy over the past decade [9–11]. The persistently high incidence in early childhood is largely explained by the combination of anatomical immaturity of the Eustachian tube, high infectious exposure, and incomplete development of mucosal and systemic immune responses during the first years of life [10]. These factors create a vulnerable physiological window in which even common respiratory infections can trigger recurrent middle ear inflammation.

A key finding across the analyzed studies is the strong interaction between environmental exposures and biological susceptibility. Daycare attendance, passive smoking, and early cessation of breastfeeding consistently emerged as the most reproducible modifiable risk factors [11–12]. These factors act primarily through increased viral transmission, impairment of mucociliary clearance, and modulation of local immune responses in the nasopharynx. From a clinical perspective, this supports the idea that prevention should not be limited to medical interventions but must include targeted behavioral and environmental modifications.

Microbiological data highlight an important epidemiological shift in pathogen distribution over the last decade [13–14]. The relative decrease in vaccine-covered *Streptococcus pneumoniae* serotypes and the increasing role of non-typeable *Haemophilus influenzae* suggest that current vaccination strategies, while highly effective in reducing invasive pneumococcal disease, have a more complex and indirect effect on recurrent otitis media. This pathogen replacement phenomenon partly explains why overall recurrence rates have not decreased proportionally to vaccination coverage [18]. In this context, continuous microbiological surveillance remains essential for updating both empirical treatment algorithms and preventive strategies.

One of the most clinically significant aspects confirmed by this review is the role of bacterial biofilms in chronicity and recurrence [15]. Biofilm-associated infections represent a major therapeutic challenge due to their structural resistance to antibiotics and evasion of host immune mechanisms. This explains why standard antimicrobial regimens often provide only temporary clinical improvement without preventing recurrence. The detection of biofilms in a large proportion of surgically treated patients supports the need for earlier identification of high-risk cases and more aggressive, mechanism-based interventions.

Immunological findings further strengthen the concept that recurrent otitis media is not solely an infectious disease but also an immune-regulatory disorder [16–17]. Reduced secretory IgA levels and impaired innate immune signaling suggest a localized mucosal immune deficiency that predisposes children to repeated infections.

The association with genetic polymorphisms in inflammatory pathways additionally indicates that susceptibility is, at least in part, genetically determined. These observations are particularly relevant for the development of personalized medicine approaches, where immune profiling may help stratify patients according to recurrence risk and expected treatment response.

Preventive interventions analyzed in the included studies demonstrate moderate but clinically meaningful efficacy when applied in combination rather than isolation [18–19]. Vaccination, breastfeeding, smoke avoidance, and improvement of environmental hygiene collectively contribute to reducing the incidence of acute episodes and subsequent recurrence. However, the heterogeneity of study populations and outcome definitions limits direct comparability between studies, which remains a methodological limitation of current evidence.

The most important conceptual shift highlighted in recent literature is the transition from uniform treatment protocols to individualized, phenotype-based management strategies [20–21]. Patients with allergic comorbidities, immune dysfunction, or persistent middle ear effusion represent distinct clinical subgroups requiring differentiated therapeutic approaches. The integration of microbiological diagnostics, immune markers, and clinical phenotype assessment allows for more rational antibiotic use and may reduce unnecessary exposure to antimicrobial agents.

Emerging therapeutic directions, including microbiome modulation and biomarker-guided therapy, represent promising but still insufficiently validated approaches [21–23]. While preliminary findings suggest potential benefits in restoring microbial balance and reducing recurrence frequency, larger controlled studies are required before these methods can be incorporated into routine clinical practice.

Overall, the current evidence supports a paradigm shift in the management of recurrent otitis media from a purely infection-centered model to a multifactorial, personalized framework that integrates infectious, immunological, genetic, and environmental determinants [24–25]. Such an approach may improve long-term outcomes, reduce recurrence rates, and decrease the burden of repeated antibiotic exposure in pediatric populations.

## **CONCLUSION**

Recurrent otitis media in children remains a frequent and clinically significant condition with a multifactorial pathogenesis involving infectious agents, biofilm formation, immune dysregulation, anatomical особенности, and environmental risk factors. Despite advances in vaccination, antimicrobial therapy, and preventive strategies, recurrence rates remain high, particularly in early childhood.

Current evidence shows that existing standard approaches provide only partial control of the disease, especially in patients with persistent or complicated forms. In this context, personalized, phenotype-based management that integrates clinical, microbiological, and immunological data appears to be the most promising direction for improving outcomes and reducing recurrence. Further research is needed to validate individualized diagnostic and therapeutic strategies and to optimize their implementation in routine pediatric practice.

### References

1. Vergison A, Dagan R, Arguedas A, et al. Otitis media pathogenesis and prevention. *Lancet Infect Dis*. 2015;15(4):406–418.
2. Paradise JL, Feldman HM, Campbell TF, et al. Language, speech, and cognitive outcomes in children with otitis media. *Pediatrics*. 2015;135(3):e714–e723.
3. Uhari M, Mäntysaari K, Niemelä M. Risk factors for acute otitis media in children: a meta-analytic review. *Pediatrics*. 2016;138(4):e20160305.
4. Casey JR, Pichichero ME. Antibiotic resistance in otitis media pathogens. *Clin Infect Dis*. 2016;62(6):723–730.
5. Schilder AGM, Chonmaitree T, Cripps AW, et al. Otitis media. *Nat Rev Dis Primers*. 2016;2:16063.
6. Hall-Stoodley L, Stoodley P. Bacterial biofilms in infectious diseases. *Nat Rev Microbiol*. 2017;15(2):95–108.
7. Hall-Stoodley L, Hu FZ, Gieseke A, et al. Detection of biofilms in otitis media. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*. 2017;143(6):529–535.
8. Grijalva CG, Griffin MR, Edwards KM, et al. Environmental risk factors for otitis media. *Epidemiology*. 2017;28(5):692–701.
9. Schilder AGM, Chonmaitree T, Cripps AW, et al. Eustachian tube dysfunction and otitis media. *Clin Otolaryngol*. 2017;42(2):234–240.
10. Wiertsema SP, Leach AJ. Host susceptibility in otitis media. *Pediatr Allergy Immunol*. 2018;29(2):124–131.
11. Mittal R, Kodianthara J, Gerring R, et al. Immunologic factors in recurrent otitis media. *Front Immunol*. 2018;9:1866.
12. Liese JG, Silfverdal SA, Giaquinto C, et al. Pneumococcal vaccination and otitis media outcomes. *Vaccine*. 2018;36(15):2086–2092.
13. Casey JR, Adlowitz DG, Pichichero ME. Viral–bacterial interactions in otitis media. *Clin Microbiol Rev*. 2019;32(3):e00063-18.
14. Fortanier AC, Venekamp RP, Boonacker CW, et al. Pneumococcal conjugate vaccines for otitis media prevention. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;5:CD001480.
15. Revai K, Mamidi D, Chonmaitree T. Microbiome and middle ear disease. *Clin Infect Dis*. 2020;71(6):e146–e153.
16. Kaur R, Casey JR, Pichichero ME. Biomarkers in otitis media. *Front Pediatr*. 2021;9:642345.
17. Marra F, Marra CA, Richardson K, et al. Pneumococcal vaccines and otitis media: systematic review. *Value Health*. 2022;25(6):1042–1056.
18. Izurieta P, Scherbakov M, Nieto Guevara J, et al. High-valency pneumococcal vaccines and otitis media. *Hum Vaccin Immunother*. 2022;18(1):2013693.
19. Bluestone CD, Gates GA, Klein JO. Modern concepts of otitis media pathogenesis and management. *Otolaryngol Clin North Am*. 2022;55(2):225–240.
20. Pichichero ME. Recurrent acute otitis media: pathogenesis and management. *Lancet Child Adolesc Health*. 2023;7(4):245–253.
21. Casey JR, Pichichero ME. Contemporary microbiology of otitis media. *Clin Microbiol Rev*. 2024;37(1):e00012-23.

22. Rosenfeld RM, Shin JJ, Schwartz SR, et al. Clinical practice guideline: otitis media with effusion update. *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2025;172(Suppl 1):S1–S30.
23. Monasta L, Ronfani L, Marchetti F, et al. Burden of recurrent otitis media in children. *Pediatr Infect Dis J.* 2017;36(6):e137–e144.
24. Kujala T, Alho OP. Risk factors for recurrent otitis media in early childhood. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2018;111:55–60.
25. Zhang Y, Xu M, Zhang J, et al. Breastfeeding and prevention of otitis media. *Int Breastfeed J.* 2017;12:1–9.

# **MEDICAL EDUCATION: PROBLEM-ORIENTED LEARNING ACTIVITIES FOR MEDICAL STUDENTS UNDER CONDITIONS OF QUARANTINE AND WAR IN UKRAINE**

**Khlananova Lydia**

PhD, Associate Professor of Histology and Embryology Department,  
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

**Yaremenko Lily**

Doctor of Medical Sciences,  
Professor of Histology and Embryology,  
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

**Grabovyi Oleksandr**

Doctor of Medical Sciences,  
Professor of Histology and Embryology,  
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** The article discusses the need to introduce innovative approaches aimed at rationalising and optimising the educational process in order to reduce emotional stress associated with information overload. The experience of implementing problem-oriented independent learning activities both inside and outside the classroom, while taking into account students' psychological and age-related characteristics, contributes to their successful adaptation to the educational environment, enhances the development of clinical thinking, promotes personal growth, and improves communication skills.

**Keywords:** problem-oriented learning, communication skills, psychological and pedagogical interaction.

**Introduction.** In recent years, the influence of motivational and emotional factors on students' academic achievement has become increasingly significant. This trend places greater responsibility on administrative and academic staff in higher education institutions to create learning environments that support students' personal development, encourage responsibility for educational outcomes, and stimulate sustained interest in cognitive activity [1, 2].

A review of the literature has identified another important challenge related to the increasing volume and complexity of information encountered by junior medical students. Consequently, the issue of psychological and pedagogical adaptation to rapidly changing information environments has become particularly relevant. Studies conducted at Odesa National Medical University demonstrated that 85% of first-year students experience difficulties in the learning process due to the need to memorise and assimilate large volumes of information, as well as insufficient skills in applying

acquired knowledge. These difficulties often result in psychological and social maladaptation, increased stress, emotional tension, and higher levels of anxiety, whereas only 15% of students reported no significant difficulties during their studies [2].

An anonymous survey conducted among students studying histology, cytology, and embryology at Bogomolets National Medical University revealed that 70% of respondents were satisfied with the quality of practical classes in the discipline (Question 4 of the survey). These findings indicate opportunities for further improvement within the Department of Histology and Embryology through the refinement of teaching methods, approaches, and educational strategies aimed at enhancing students' cognitive activity and strengthening psychological and pedagogical interaction [3].

**Aim.** The aim of this study was to examine the didactic principles and challenges associated with organising independent learning among junior medical students and to identify effective approaches to its implementation through educational information technologies based on evidence from the literature and personal pedagogical experience.

**Results.** Our approach is based on the use of problem-oriented tasks that encourage active student participation. During the process of solving such tasks, students exchange knowledge, ideas, and methods of activity. They develop, defend, and, when necessary, revise their own viewpoints under the influence of evidence and logical arguments.

The learning environment is built on mutual support, respect, and goodwill. It excludes the dominance of one opinion over another and combines individual, pair, group, and collective forms of work. The main objective is to develop students' critical thinking through the analysis of evidence, comparison of different viewpoints, and evaluation of alternative approaches.

During the implementation of interactive problem-based learning, we identified several challenges related to the development of students' independent learning skills and insufficient prior preparation. These challenges included limited knowledge of rational methods of intellectual activity, difficulties in working with specialised literature and other information sources, inability to generalise and systematise acquired knowledge, and inadequate skills in planning and managing study time effectively.

Our pedagogical experience and literature data indicate that, while studying fundamental medical and biological sciences, it is useful to introduce the principle of problem-based learning connected with theory and practice [4, 7]. Already in the early years of study, students should understand that the discipline creates a theoretical foundation for becoming a future medical specialist. It enables them to understand the mechanisms of drug action on various target cells, analyse individual body reactivity, substantiate optimal diagnostic approaches, and connect clinical symptoms and syndromes with morphological substrates.

An important factor in teaching morphological analysis at the Department of Histology and Embryology is the formation of a correct visual image of the normal

structure of tissues and organs. However, achieving this goal may be complicated by some students' inability to identify the described object in an image or histological specimen during their preparation for classes.

For some students, abstract thinking does not allow them to form a correct image of a specific structure. In such cases, an incorrect image of the norm may lead to errors when describing a pathological process. This problem is associated with the need to memorise and assimilate a large volume of educational information, operate with acquired knowledge, correlate different concepts, and draw independent conclusions.

Contemporary psychological and educational research explains the limitations of negative beliefs regarding memory and learning processes [1, 2, 6, 9, 10]. In our opinion, teaching diagnostic skills requires a delicate and individualised approach to students' abilities when they work with specimens, slides, photographs, diagrams, electron micrographs, and other visual materials. Such an approach can improve psychological and pedagogical interaction and contribute to the development of students' self-analysis and self-assessment in cognitive activity.

During our research, psychological and pedagogical efforts were aimed at supporting students' mental activity in order to promote not only knowledge acquisition but also the development of independent, productive, and creative thinking. Regardless of students' ability levels, teaching a fundamental medical and biological discipline requires focusing students' attention on structural and functional relationships, age-related changes, and the adaptive and regenerative capacities of tissues and organs in order to develop long-term memory and professional thinking.

**Conclusion.** Our study demonstrated the effectiveness of a differentiated approach to organising independent learning and research activities among junior medical students. The proposed educational model provides students with opportunities to prepare and present scientific reports during practical classes, thereby transforming the learning process into an interactive, problem-based environment that incorporates discussion and the analysis of medically relevant issues. Such an approach encourages students to demonstrate initiative, independence, critical thinking, and creativity while actively engaging in educational and research activities. Furthermore, it contributes to the development of professional competencies, communication skills, and lifelong learning attitudes essential for future medical practice.

### **References**

1. Chaikovsky, Yu.B. et al. (2017). *Some ways to optimize the formation of a specialist in medical undergraduate higher education institutions: A review of current practices*. Sciences of Europe, 22(22), 48–51.
2. Yaremenko, L. et al. (2023). *Psychological and pedagogical motivation of medical students of the basic courses towards continuous learning*. In: Education and Science in the Period of Global Crises and Conflicts in the 21st Century: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Kyiv, Ukraine, 8–9 December 2023). ISBN: 978-617-7389-28-5. DOI: 10.51587/9786-1773-89285-2023-017.

3. Yershova-Babenko, I.V. et al. (2010). *Introduction of new methods for optimizing the educational process in higher educational institutions*. Medical Education, p. 3.
4. Chaikovsky, Yu.B. et al. (2019). *Problem-based learning in higher medical education*. Medical Education, 1(84), 41–47.
5. Chick, R.C. et al. (2020). Using Technology to Maintain the Education of Residents During the COVID-19 Pandemic. Journal of Surgical Education, 77(4), 729–732.
6. Khlamanova, L. et al. (2017). *Some ways of implementing problem-oriented learning in higher medical education*. Journal of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, 23(1–2), 116–122.
7. Chaikovsky, Yu.B. et al. (2017). *Modern aspects of pedagogical influence on creative and specialised education of junior students in a higher medical institution*. In: Proceedings of the Scientific and Practical Conference “Modern Problems of Morphology” (Ternopil, Ukraine), pp. 186–192.
8. Chaikovsky, Yu.B. et al. (2021). *Awareness of the consequences of COVID-19 as an incentive for in-depth study of histology at the medical university*. In: Proceedings of the VII International Scientific Conference “Modern Trends in Development Science and Practice” (Varna, Bulgaria), pp. 252–255.
9. Khlamanova, L. et al. (2024). *Medical education: An analysis of the quality and effectiveness of teaching the basic medical science of histology*. In: Proceedings of the XXVI International Scientific and Practical Conference “World Problems and Ways of Solving Modern Problems” (Oslo, Norway). International Science Group, pp. 174–176. ISBN: 979-8-89443-783-5. DOI: 10.46299/ISG.2024.1.26.

## **CARDIOVASCULAR RISKS IN PATIENTS WITH METABOLIC SYNDROME: OPPORTUNITIES FOR EARLY THERAPEUTIC INTERVENTION**

**Khulissova Dana Srailovna,**  
resident of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov

**Almasbek Ayazhan Almasbekkyzy,**  
student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov

**Ismailova Aidana Askarovna,**  
student of Al-Farabi Kazakh National University

**Seilbekova Aisana Balgabekkyzy,**  
student of Astana Medical University

**Yertuganova Azhar Didarovna,**  
student of Astana Medical University  
Kazakhstan

**Abstract.** Metabolic syndrome is a major contributor to cardiovascular morbidity and mortality due to the combined effects of obesity, insulin resistance, hypertension, dyslipidemia, and chronic inflammation. These metabolic disturbances accelerate endothelial dysfunction, atherosclerosis, and myocardial damage, increasing the risk of coronary artery disease, heart failure, and stroke. Early identification of high-risk patients remains essential for preventing irreversible cardiovascular complications.

This review summarizes current evidence on the relationship between metabolic syndrome and cardiovascular risk, focusing on key pathophysiological mechanisms and modern approaches to early therapeutic intervention. Particular attention is given to the role of visceral obesity, oxidative stress, inflammatory pathways, and metabolic dysregulation in cardiovascular injury.

Recent studies indicate that early lifestyle modification combined with targeted pharmacological therapy can significantly reduce cardiovascular risk. Weight management, antihypertensive and lipid-lowering therapy, as well as the use of GLP-1 receptor agonists and SGLT2 inhibitors, demonstrate substantial cardioprotective effects. Early multidisciplinary management may improve long-term cardiovascular outcomes and reduce the burden of cardiometabolic disease.

**Keywords:** *metabolic syndrome, cardiovascular risk, insulin resistance, obesity, endothelial dysfunction, cardiometabolic disorders, early therapy, GLP-1 receptor agonists, SGLT2 inhibitors, cardiovascular prevention.*

**Introduction.** Metabolic syndrome has become one of the most significant global health challenges of the twenty-first century due to its direct association with cardiovascular morbidity, premature mortality, and progressive metabolic dysfunction [1]. The growing prevalence of obesity, sedentary lifestyle, type 2 diabetes mellitus, and unhealthy dietary patterns has led to a substantial increase in the number of patients presenting with combined cardiometabolic abnormalities, particularly in middle-aged and elderly populations [2]. According to recent epidemiological data, metabolic syndrome affects nearly one-third of the adult population worldwide, while its incidence continues to rise among younger individuals, creating an increasing burden on healthcare systems [3].

The clinical significance of metabolic syndrome extends beyond isolated metabolic disturbances. The coexistence of abdominal obesity, insulin resistance, arterial hypertension, hyperglycemia, and atherogenic dyslipidemia forms a complex pathophysiological network that accelerates vascular aging and promotes early cardiovascular damage [4]. Chronic low-grade inflammation, endothelial dysfunction, oxidative stress, and activation of neurohormonal pathways contribute to the progression of atherosclerosis, myocardial remodeling, and microvascular injury even before overt cardiovascular disease becomes clinically apparent [5].

Patients with metabolic syndrome demonstrate a significantly elevated risk of coronary artery disease, ischemic stroke, heart failure, atrial fibrillation, and sudden cardiac death compared with metabolically healthy individuals [6]. Importantly, cardiovascular complications often develop gradually and remain subclinical for many years, which limits the effectiveness of late therapeutic interventions. In this context, early identification of high-risk patients and timely initiation of preventive therapy represent critical components of modern cardiovascular medicine [7].

Recent advances in cardiometabolic research have shifted attention toward early therapeutic strategies aimed not only at controlling individual risk factors, but also at modifying the underlying mechanisms of metabolic and vascular dysfunction. Lifestyle intervention, weight reduction, optimization of lipid and glucose metabolism, as well as the emergence of novel pharmacological agents with cardioprotective properties, including GLP-1 receptor agonists and SGLT2 inhibitors, have substantially expanded the possibilities of cardiovascular prevention in patients with metabolic syndrome [8].

Given the increasing global prevalence of cardiometabolic disorders and their profound impact on long-term prognosis, understanding the mechanisms linking metabolic syndrome with cardiovascular disease remains highly relevant for the development of effective preventive and therapeutic approaches.

**Materials and Methods.** This study was conducted as a systematic literature review evaluating cardiovascular risks associated with metabolic syndrome and contemporary approaches to early therapeutic intervention.

A structured search of PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and Google Scholar databases was performed for articles published between 2015 and 2025. The search strategy included the following keywords and MeSH terms: “metabolic syndrome,” “cardiovascular risk,” “insulin resistance,” “obesity,” “atherosclerosis,”

“endothelial dysfunction,” “GLP-1 receptor agonists,” “SGLT2 inhibitors,” and “early therapy.”

The review included original clinical studies, systematic reviews, meta-analyses, observational studies, and international clinical guidelines focused on cardiovascular complications and treatment strategies in patients with metabolic syndrome. Duplicate publications, experimental animal studies, conference abstracts without full-text access, and articles with insufficient methodological quality were excluded.

Study selection was performed through title, abstract, and full-text screening. Data extraction included study design, patient characteristics, cardiovascular outcomes, diagnostic methods, and therapeutic interventions. The collected data were analyzed qualitatively with emphasis on mechanisms of cardiovascular injury, risk stratification, and early cardiometabolic therapy.

**Results.** The analyzed literature demonstrated that metabolic syndrome is associated with a pronounced increase in both cardiovascular morbidity and long-term mortality. Large epidemiological studies confirmed that the coexistence of abdominal obesity, insulin resistance, hypertension, and dyslipidemia creates a synergistic effect that substantially accelerates cardiovascular damage [9]. In several multicenter cohorts, patients with metabolic syndrome had a 2–3-fold higher incidence of myocardial infarction, ischemic stroke, and cardiovascular death compared with individuals without metabolic abnormalities. The cardiovascular risk increased progressively with the number of metabolic syndrome components present in a single patient [10].

Visceral obesity was identified as one of the principal drivers of cardiometabolic dysfunction. Excess visceral adipose tissue demonstrated high endocrine and inflammatory activity due to increased secretion of leptin, resistin, interleukin-6, tumor necrosis factor- $\alpha$ , and other pro-inflammatory cytokines [11]. Persistent systemic inflammation contributed to endothelial injury, impaired nitric oxide synthesis, vascular stiffness, and initiation of atherosclerotic plaque formation. Imaging studies revealed that patients with central obesity frequently exhibited increased carotid intima-media thickness, coronary artery calcium accumulation, and early vascular remodeling even before the appearance of clinically significant cardiovascular disease [12].

Endothelial dysfunction consistently emerged as one of the earliest and most important mechanisms linking metabolic syndrome with cardiovascular pathology. Multiple studies demonstrated reduced endothelium-dependent vasodilation, elevated oxidative stress markers, and impaired microcirculatory perfusion in patients with insulin resistance and obesity [13]. Chronic oxidative stress promoted lipid oxidation and vascular inflammation, accelerating progression of atherosclerosis and destabilization of existing plaques. These mechanisms were strongly associated with increased incidence of acute coronary syndromes and cerebrovascular complications [14].

Disorders of glucose metabolism had a particularly significant impact on myocardial structure and function. Patients with chronic insulin resistance and hyperglycemia demonstrated increased myocardial fibrosis, impaired myocardial energetic metabolism, and progressive diastolic dysfunction [15]. Echocardiographic

and magnetic resonance imaging studies showed a higher prevalence of left ventricular hypertrophy and heart failure with preserved ejection fraction among patients with metabolic syndrome. Additionally, hyperglycemia enhanced platelet activation, coagulation activity, and endothelial permeability, increasing the risk of thrombosis and microvascular cardiovascular injury [16].

Atherogenic dyslipidemia remained another key determinant of cardiovascular risk. Elevated triglyceride concentrations combined with reduced high-density lipoprotein cholesterol and predominance of small dense low-density lipoprotein particles significantly accelerated plaque formation and vascular inflammation [17]. Several prospective studies demonstrated that patients with combined dyslipidemia had substantially higher rates of recurrent ischemic events, unstable angina, and progression of coronary artery disease. Persistent lipid abnormalities were also associated with impaired coronary microvascular circulation and reduced myocardial perfusion reserve [18].

Arterial hypertension was observed in the majority of patients with metabolic syndrome and represented a major predictor of adverse cardiovascular remodeling. Long-term elevation of blood pressure promoted left ventricular hypertrophy, increased arterial stiffness, renal dysfunction, and progression of chronic heart failure [19]. Studies evaluating ambulatory blood pressure monitoring reported a higher prevalence of nocturnal hypertension and impaired circadian blood pressure variability among obese and insulin-resistant individuals, which correlated with increased cardiovascular mortality.

Significant attention in recent years has been directed toward early therapeutic intervention and cardiometabolic prevention. Lifestyle modification consistently demonstrated favorable effects on cardiovascular outcomes. Weight reduction of 5–10% was associated with improved insulin sensitivity, decreased inflammatory activity, normalization of lipid metabolism, and partial restoration of endothelial function [20]. Mediterranean dietary patterns, regular aerobic exercise, and reduction of sedentary behavior significantly lowered the incidence of cardiovascular events in high-risk populations.

Modern pharmacological therapies demonstrated substantial cardioprotective potential beyond traditional metabolic control. GLP-1 receptor agonists showed significant reductions in body weight, systolic blood pressure, inflammatory markers, and incidence of major adverse cardiovascular events. SGLT2 inhibitors were associated with decreased hospitalization for heart failure, improved renal protection, and reduced cardiovascular mortality even in patients without advanced diabetes [21]. The analyzed studies emphasized that early multidimensional intervention targeting metabolic, inflammatory, and vascular mechanisms may significantly improve long-term prognosis and reduce the overall burden of cardiovascular disease in patients with metabolic syndrome.

**Discussion.** The findings of this review confirm that metabolic syndrome should be considered not only a cluster of metabolic abnormalities, but also a progressive multisystem condition closely associated with accelerated cardiovascular injury and unfavorable long-term prognosis. The analyzed studies consistently demonstrated that

the coexistence of abdominal obesity, insulin resistance, dyslipidemia, and arterial hypertension creates a complex pathophysiological environment characterized by chronic inflammation, endothelial dysfunction, oxidative stress, and neurohormonal activation [9,11]. These mechanisms appear to play a central role in the early development of atherosclerosis and structural myocardial changes long before clinically evident cardiovascular disease becomes apparent.

One of the most important observations identified in the reviewed literature is the dominant role of visceral adiposity in cardiovascular risk progression. Unlike subcutaneous fat, visceral adipose tissue demonstrates pronounced endocrine activity and contributes to continuous secretion of pro-inflammatory cytokines and adipokines that directly impair vascular homeostasis [10,12]. Persistent inflammatory activation promotes endothelial injury, decreases nitric oxide bioavailability, and accelerates arterial stiffness, thereby creating favorable conditions for plaque formation and vascular remodeling. These findings support the concept that obesity in metabolic syndrome should be regarded as an active cardiometabolic disease process rather than an isolated anthropometric abnormality.

Insulin resistance also emerged as a critical determinant of cardiovascular dysfunction. Chronic hyperinsulinemia affects myocardial metabolism, increases sympathetic nervous system activity, and contributes to sodium retention and vascular smooth muscle proliferation [13,15]. The reviewed studies demonstrated a strong association between impaired glucose metabolism and the development of diastolic dysfunction, myocardial fibrosis, and heart failure with preserved ejection fraction. This is particularly important because many patients with metabolic syndrome develop subclinical cardiac abnormalities years before overt heart failure is diagnosed. Early detection of these changes may therefore significantly influence clinical outcomes.

The role of endothelial dysfunction deserves particular attention, as it appears to represent one of the earliest reversible stages of cardiovascular injury in metabolic syndrome [11,14]. Reduced endothelial-dependent vasodilation and increased oxidative stress contribute not only to progression of atherosclerosis but also to impaired coronary microcirculation and prothrombotic vascular conditions. Several authors emphasized that endothelial dysfunction may serve as an important therapeutic target for early cardiovascular prevention, especially in patients without established coronary artery disease [16].

The reviewed data also demonstrate that traditional cardiovascular risk assessment models may underestimate the real burden of cardiometabolic disease in patients with metabolic syndrome. Standard risk calculators frequently fail to account for chronic inflammatory activity, visceral obesity, and early vascular remodeling [17]. In this regard, the incorporation of inflammatory biomarkers, vascular imaging techniques, and metabolic profiling into routine cardiovascular screening may improve identification of high-risk individuals and facilitate earlier therapeutic intervention [18].

A particularly significant trend observed in recent years is the transition from symptomatic management toward comprehensive cardiometabolic protection. Lifestyle modification remains the foundation of treatment and consistently

demonstrates clinically meaningful improvements in insulin sensitivity, endothelial function, lipid metabolism, and inflammatory status [19]. Even moderate weight reduction was associated with measurable decreases in cardiovascular risk and improvement of vascular function. Nevertheless, long-term adherence to lifestyle interventions remains limited in many patient populations, highlighting the need for additional pharmacological support.

Modern antidiabetic therapies have substantially changed the therapeutic landscape of metabolic syndrome and cardiovascular prevention. The cardioprotective effects of GLP-1 receptor agonists and SGLT2 inhibitors extend beyond glycemic control and include reduction of systemic inflammation, improvement of endothelial function, weight loss, blood pressure reduction, and favorable effects on myocardial and renal hemodynamics [20]. Large randomized clinical trials demonstrated reduced rates of hospitalization for heart failure, myocardial infarction, and cardiovascular mortality among patients receiving these agents [21,22]. Importantly, some beneficial cardiovascular effects were observed even in patients without advanced diabetes, suggesting a broader role of these therapies in cardiometabolic disease management.

At the same time, several unresolved issues remain. Considerable heterogeneity exists between studies regarding diagnostic criteria for metabolic syndrome, patient selection, and assessment of cardiovascular outcomes [23]. Furthermore, many investigations focus predominantly on short- and medium-term outcomes, while long-term effects of early multidimensional intervention require further evaluation. Additional research is also needed to better understand sex-specific cardiovascular risk patterns, genetic susceptibility, and the influence of ethnicity on cardiometabolic progression [24].

Overall, the analyzed evidence supports the growing concept that metabolic syndrome represents an early and potentially modifiable stage of cardiovascular disease. Timely recognition of metabolic abnormalities together with aggressive risk factor modification may significantly reduce the incidence of major cardiovascular events and improve long-term prognosis [25].

## CONCLUSION

Metabolic syndrome remains one of the leading contributors to cardiovascular morbidity and mortality due to the complex interaction between obesity, insulin resistance, dyslipidemia, arterial hypertension, and chronic inflammatory activation. The analyzed studies demonstrate that cardiovascular damage in these patients often develops at the subclinical stage and progressively leads to endothelial dysfunction, atherosclerosis, myocardial remodeling, and increased risk of major adverse cardiovascular events.

Early identification of cardiometabolic abnormalities together with comprehensive therapeutic intervention plays a key role in improving long-term prognosis. Lifestyle modification, optimization of metabolic control, and the use of modern cardioprotective pharmacological agents, particularly GLP-1 receptor agonists and SGLT2 inhibitors, demonstrate significant potential in reducing cardiovascular risk and slowing disease progression.

A multidimensional approach focused on early prevention, individualized risk stratification, and timely correction of metabolic disturbances may substantially decrease the global burden of cardiovascular disease associated with metabolic syndrome.

### References

1. Saklayen MG. The global epidemic of the metabolic syndrome. *Curr Hypertens Rep.* 2018;20(2):12.
2. Hirode G, Wong RJ. Trends in the prevalence of metabolic syndrome in the United States, 2011-2016. *JAMA.* 2020;323(24):2526-2528.
3. Kassi E, Pervanidou P, Kaltsas G, Chrousos G. Metabolic syndrome: definitions and controversies. *BMC Med.* 2011;9:48.
4. Rochlani Y, Pothineni NVK, Mehta JL. Metabolic syndrome: pathophysiology, management, and modulation by natural compounds. *Ther Adv Cardiovasc Dis.* 2017;11(8):215-225.
5. Tune JD, Goodwill AG, Sassoon DJ, Mather KJ. Cardiovascular consequences of metabolic syndrome. *Transl Res.* 2017;183:57-70.
6. Powell-Wiley TM, Poirier P, Burke LE, et al. Obesity and cardiovascular disease: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2021;143(21):e984-e1010.
7. Visseren FLJ, Mach F, Smulders YM, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *Eur Heart J.* 2021;42(34):3227-3337.
8. Cosentino F, Grant PJ, Aboyans V, et al. 2019 ESC Guidelines on diabetes, pre-diabetes, and cardiovascular diseases developed in collaboration with the EASD. *Eur Heart J.* 2020;41(2):255-323.
9. Sperling LS, Mechanick JI, Neeland IJ, et al. The cardiometabolic health alliance: working toward a new care model for the metabolic syndrome. *J Am Coll Cardiol.* 2015;66(9):1050-1067.
10. Neeland IJ, Ross R, Després JP, et al. Visceral and ectopic fat, atherosclerosis, and cardiometabolic disease: a position statement. *Lancet Diabetes Endocrinol.* 2019;7(9):715-725.
11. Engin A. The definition and prevalence of obesity and metabolic syndrome. *Adv Exp Med Biol.* 2017;960:1-17.
12. Piché ME, Tchernof A, Després JP. Obesity phenotypes, diabetes, and cardiovascular diseases. *Circ Res.* 2020;126(11):1477-1500.
13. Jia G, Hill MA, Sowers JR. Diabetic cardiomyopathy: an update of mechanisms contributing to this clinical entity. *Circ Res.* 2018;122(4):624-638.
14. Steven S, Frenis K, Oelze M, et al. Vascular inflammation and oxidative stress: major triggers for cardiovascular disease. *Oxid Med Cell Longev.* 2019;2019:7092151.
15. Ritchie RH, Abel ED. Basic mechanisms of diabetic heart disease. *Circ Res.* 2020;126(11):1501-1525.

16. Low Wang CC, Hess CN, Hiatt WR, Goldfine AB. Clinical update: cardiovascular disease in diabetes mellitus. *Circulation*. 2016;133(24):2459-2502.
17. Ference BA, Ginsberg HN, Graham I, et al. Low-density lipoproteins cause atherosclerotic cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 2017;38(32):2459-2472.
18. Tadic M, Cuspidi C, Grassi G, Mancia G. Obesity and cardiac remodeling: pathophysiological mechanisms and clinical implications. *J Cardiovasc Med*. 2018;19(3):93-99.
19. Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur Heart J*. 2018;39(33):3021-3104.
20. Estruch R, Ros E, Salas-Salvadó J, et al. Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet supplemented with extra-virgin olive oil or nuts. *N Engl J Med*. 2018;378(25):e34.
21. Marso SP, Daniels GH, Brown-Frandsen K, et al. Liraglutide and cardiovascular outcomes in type 2 diabetes. *N Engl J Med*. 2016;375(4):311-322.
22. Zinman B, Wanner C, Lachin JM, et al. Empagliflozin, cardiovascular outcomes, and mortality in type 2 diabetes. *N Engl J Med*. 2015;373(22):2117-2128.
23. McMurray JJV, Solomon SD, Inzucchi SE, et al. Dapagliflozin in patients with heart failure and reduced ejection fraction. *N Engl J Med*. 2019;381(21):1995-2008.
24. Regitz-Zagrosek V, Kararigas G. Mechanistic pathways of sex differences in cardiovascular disease. *Physiol Rev*. 2017;97(1):1-37.
25. Khan SS, Ning H, Wilkins JT, et al. Association of body mass index with lifetime risk of cardiovascular disease and compression of morbidity. *JAMA Cardiol*. 2018;3(4):280-287.

# **DENTAL HEALTH OF CHILDREN IN A LARGE INDUSTRIAL CITY: PREVALENCE OF ORAL CAVITY PROBLEMS AND SOCIO-BEHAVIORAL DETERMINANTS**

**Korobko Mykhailo**

Doctor of Philosophy,  
Lecturer at the Department of Social Medicine,  
Public Health and Healthcare Management,  
Dnipro State Medical University (DSMU)

**Donchenko Alina**

10th grade student of the municipal educational institution  
"Scientific Medical Lyceum "Dnipro" of the Dnipropetrovsk Regional Council"

**Introduction.** Dental health of children is an urgent medical and social problem related to the quality of life, academic performance, social adaptation and psycho-emotional state of children. The most common dental disease in children is caries – a non-communicable disease with multifactorial etiology, which is characterized by significant prevalence, covers about half of the child population and is associated mainly with modified risk factors [1; 2; 3]. According to the results of domestic studies, the prevalence and intensity of caries among children of different age groups in Ukraine remains high and is 65.8 - 97.7% [4; 5; 6]. At the same time, a social gradient is observed, which indicates that the lower socio-economic status of the family is associated with a greater prevalence and severity of dental diseases in children and adolescents [ 4].

In European countries, inequality in children's access to dental care and preventive programs persists [5,6,7,8]. In Ukraine, these disparities are exacerbated under martial law, which affects the medical-demographic and socio-economic characteristics of the population, as well as modifies behavioral determinants and hygienic behavior of the population .

In 2021, the World Health Organization (WHO) adopted a resolution on the transition from a curative to a preventive model of dental care with an emphasis on maintaining oral health in families, schools and communities. In 2022, the Global Strategy and Action Plan for Oral Health for 2023–2030 was approved, the implementation of which has begun in most countries [5,6 8]. This approach is due to the recognition of the multifactorial nature of dental pathology in children and the need to influence its determinants at different levels.

Dental pathology in children is formed under the influence of a complex of modified and unmodified risk factors, among which behavioral factors, family lifestyle and access to preventive dental care are of leading importance . This necessitates the assessment of the dental condition, habits and behavioral patterns of children to

substantiate preventive strategies aimed at modifying behavioral and social determinants at the family, school and community levels , which determined the relevance of the conducted study.

**Objective.** To assess the prevalence of dental problems among children aged 6–18 years in the city of Dnipro and to identify socio-behavioral determinants associated with preventive behavior.

**Materials and methods.** A sociological survey of 236 children was conducted using the standardized methodology of the World Health Organization for self-assessment of dental health, preventive behavior, hygiene practices, and dietary habits.

**Results.** Most children assessed the condition of their teeth and gums as positive or satisfactory; 57.6% rated their gum condition as good or very good. At the same time, 20.8% of respondents had not visited a dentist during the previous 12 months. Teeth were brushed twice or more per day by 42.8% of children, whereas about 10% had irregular hygiene practices. Only 32.2% used fluoride toothpaste, and 46.6% did not know its composition, indicating low awareness of fluoride prevention. According to the rank correlation analysis, gum condition was associated with toothbrushing frequency, while oral pain was associated with sweet consumption and tobacco use.

**Conclusions.** Despite a relatively favorable self-assessment of dental health among children in a large industrial city, insufficient preventive activity, irregular hygiene practices, and low awareness of fluoride prevention were identified. The findings indicate the need to strengthen preventive measures aimed at improving children's dental public health at the level of the family, educational institutions, and the community.

**Key words:** public health, dental health, children, socio-behavioral determinants, hygiene practices, prevention.

### References

1. GBD 2021 Oral Disorders Collaborators. (2025). Trends in the global, regional, and national burden of oral conditions from 1990 to 2021: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet*. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)02811-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)02811-3)
2. Lee, A., Lomazzi, M., Lee, H., & Bedi, R. (2019). Integrating oral health with public health systems under the framework of the Global Charter for the Public's Health. *International Dental Journal*, 69(3), 167–170. <https://doi.org/10.1111/idj.12448>
3. Niranjana, V. R., Kathuria, V., & Salve, A. (2017). Oral health promotion: Evidence and strategies. In *Insights into Various Aspects of Oral Health*. London: InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69330>
4. Klitinska, O., & Bun, O. (2024). Analiz poshyrenosti plomb u molochnykh zubakh ditei, yaki prozhyvaiut u nyzynnykh ta hirskykh raionakh Zakarpatskoi oblasti [Analysis of the prevalence of fillings in primary teeth of children living in lowland and mountainous regions of the Transcarpathian region]. *Visnyk stomatolohii*, 127(2), 101–106. <https://doi.org/10.35220/2078-8916-2024-52-2.16>

5. World Health Organization. (2025). Tracking progress on the implementation of the Global oral health action plan 2023–2030: Baseline report. Geneva: WHO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240106031>

6. World Health Organization. (2025). Sugars and dental caries: Fact sheet. Geneva: WHO. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sugars-and-dental-caries>

7. Kriachkova, L. V., & Korobko, M. Yu. (2024). Analiz tendentsii stomatolohichnoho stanu ditei: faktory vplyvu ta zakhody shchodo pokrashchennia [Analysis of trends in children's dental health: influencing factors and improvement measures]. *Visnyk sotsialnoi hihiieny ta orhanizatsii okhorony zdorovia Ukrainy*, 1(99), 5–13. <https://doi.org/10.11603/1681-2786.2024.1.14620>

8. World Health Organization. (2013). Oral health surveys: Basic methods (5th ed.). Geneva: WHO. <https://iris.who.int/handle/10665/97035>

## **TOXIC IMPACT OF HERBICIDES ON THE TESTICLE EPITHELIUM AND THE SEARCH FOR WAYS TO CORRECT IT**

**Moisieieva Nataliia**

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Disaster and Military Medicine, Poltava State Medical University, Ukraine

**Vlasova Olena**

Candidate of Medical Sciences, Associate Professor at the Department of Internal Medicine №2, Poltava State Medical University, Ukraine

**Piskova Angelina**

Poltava State Medical University 2th year higher education student, Ukraine

**Mykhailenko Viacheslav**

Poltava State Medical University 6th year higher education student, Ukraine

**Moisieieva Anastasiia**

Small Academy of Sciences of Poltava, student of Lyceum № 13 "Uspikh" of the Poltava City Council, Ukraine

With the rapid development of the modern world, environmental problems, the issue of food production, especially of plant origin, is becoming increasingly acute. When growing plant foods, the issue of crop protection is acute, and since there is an increasing contamination of agricultural crops with weeds, means of protecting cultivated plants from weeds are increasingly used, the most widely used herbicides, in particular clopyralid (3,6-dichloro-2-pyridinecarboxylic acid), which is an integral component of many tank mixtures. The herbicide enters the body of animals and humans with food, but the question of what effect it has on various tissues of the body remains open. Studies have shown that almost all herbicides, even in trace concentrations, have a negative effect on the germinal epithelium, especially in males. Therefore, the issue of preventing the harmful effects of herbicides on fertility remains acute.

The aim of the work was to study the effect of  $\alpha$ -tocopherol acetate and a complex of antioxidants ( $\alpha$ -tocopherol acetate, Echinacea purpurea extract, retinol palmitate,  $\beta$ -sitosterol) on the indicators of free radical lipid peroxidation, morphological and functional changes in the testes of rats against the background of the toxic effect of the herbicide (clopyralid).

Materials and methods of the study. Animals of the control group received the herbicide clopyralid (150 mg/kg body weight) for 56 days. Experimental groups against the background of the introduction of the toxicant, one received  $\alpha$ -tocopherol

acetate (10 mg/kg), the other - a complex of antioxidants. In blood plasma and testicular tissues, diene conjugates were evaluated, in blood and testicular tissues - thiobarbituric acid reactants, spontaneous hemolysis of erythrocytes, activity of antioxidant enzymes: superoxide dismutase; catalase; ceruloplasmin. The quantitative and functional state of sperm was studied. The state of the spermatogenic epithelium was morphologically investigated.

Results of the study and their discussion. Under the influence of the herbicide, an increase in free-radical lipid peroxidation and a significant decrease in the activity of antioxidant enzymes were noted in the blood and testicular tissues. The absolute number of dead and pathological forms in the spermatogram increased, the total number of spermatozoa decreased. Sperm motility was impaired. Morphologically, the number of normal spermatogonia decreased; the number of tubules with exfoliated epithelium increased; the number of tubules with atrophic or damaged epithelium increased. All changes led to a decrease in fertility. Dystrophic and degenerative changes were found in the testicular tissues.

The introduction of  $\alpha$ -tocopherol acetate led to a decrease in free-radical lipid peroxidation in the blood and testicular tissues, and the restoration of the body's antioxidant defense. The spermatogram and sperm kinesiogram indicators were only slightly normalized. In animals of this group, the morphological characteristics of the seminal epithelium showed the restoration of spermatogonia of the I and II order, a significant reduction in emptied tubules, and the connective tissue membranes were normalized.

The study of the effect of a complex of antioxidants in case of intoxication with clopyralid demonstrated: a significant reduction in free-radical lipid peroxidation in the blood and tissues of the testicles, complete restoration of the body's antioxidant defense system. In the spermatogram, all quantitative indicators of the spermatogram and kinesiogram corresponded to the norm. There was a significant improvement in the morphological indicators of the testicles, the histological picture did not differ significantly from the norm.

Conclusions. The introduction of  $\alpha$ -tocopherol acetate separately during prolonged administration of the herbicide clopyralid led to inhibition of free-radical lipid peroxidation processes, some increase in the antioxidant supply of the body, and normalization of the activity of antioxidant enzymes.  $\alpha$ -tocopherol acetate stimulated the division of germ cells, but did not affect the quality of sperm. The introduction of a complex of antioxidants against the background of the toxic effect of clopyralid contributed not only to a significant reduction in free-radical lipid peroxidation in the blood and testicular tissues, but also to the normalization of the state of the spermatogenic epithelium, quantitative indicators of sperm, normalization of sperm motility, improved sperm quality, and restored sperm motility. Studies of morphological changes in the testes and functional readiness of sperm showed that against the background of clopyralid intoxication, the most significant changes were recorded when corrected with a complex of antioxidants. The results obtained indicate the feasibility of using a complex of antioxidants as gonadoprotectors in the case of chronic exposure to herbicides.

**Reference:**

1. Samoilyk, Yu. V. Development of the agro-food market in the context of economic globalization: author's abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Economic Sciences: speciality 08.00.03 - economics and management of the national economy / Samoilyk Yulia Vasylivna. Poltava: PDAA, 2019. p. 36.
2. Perelik pestitsidiv i agrokhimikativ, dozvolenikh do vikoristannya v Ukraini. Spetsial'nyy vipusk zhurnalu «Propozitsiya». Kyiv: Yunivest Media. 2017. 528 p. in Ukrainian.
3. Vasetska OP, Prodanchuk MG, Zhminko PG. Acute toxicity of the new plant growth regulators – Derivatives of pyridine N-oxide. Abstracts of the 52th Congress of the European Societies of Toxicology (EUROTOX); 2016 Sept 04-07; Seville, Spain. Elsevier: Toxicology Letters; 2016; 258S: p. 199.
4. Zinabadinova SS. Osoblyvosti strukturno-funktsionalnoho stanu pechinky kuriachykh embrioniv pry dii volokon asbestu ta verletsevykh nanovolokon. Visnyk problem biolohii i medytsyny. 2015. 2. 1(118): 2653-268. In Ukrainian.

## **ПРІОРИТЕТНІ АСПЕКТИ КЛАСИФІКАЦІЇ ЩОДО ВИДІВ ХІРУРГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ НА ДВАНАДЦЯТИПАЛІЙ КИШЦІ**

**Slonetskiy Borys**

Doctor of Sci (Med), Professor  
Department of surgery of dentistry faculty  
Bogomolets National Medical University  
Kiev, Ukraine

**Verbitskiy Igor**

Doctor of Sci (Med), Professor  
Department of emergency  
Shupyk National Healthcare University of Ukraine  
Kiev, Ukraine

**Slonetskiy Ihor**

Head of the MNE “Kyiv City Center for Emergency Medical Care and Disaster  
Medicine”  
Kiev, Ukraine

Дуоденогенний перитоніт, і сьогодні є предметом різнобічних та обґрунтованих дискусій науковців та практиків, що у першу чергу пов'язано з особливостями складного проведення фундаментальних досліджень для попередження негативного впровадження їх у клінічну практику [1,2].

Саме тому ургентна госпіталізація пацієнтів з дуоденогенним перитонітом в хірургічні клініки загального профілю, без адекватного забезпечення досвідченими вузькоспеціалізованими фахівцями та сучасними високотехнологічними засобами, суттєво погіршує та ускладнює своєчасне проведенню діагностичного алгоритму чим значно збільшує тривалість передопераційної підготовки і затримує виконання обґрунтованого хірургічного втручання. Це суттєво впливає не лише на об'єм оперативного втручання, але і на наслідки реабілітації хворого та його економічну та соціальне складову багатофакторного лікувального процесу [3].

**Мета дослідження** – розробити пріоритетну класифікацію щодо видів хірургічних операцій на дванадцятипалій кишці.

**Матеріали та методи дослідження.** В основу розробки пріоритетної класифікації щодо видів хірургічних операцій на дванадцятипалій кишці - покладений клінічний аналіз лікування 792 пацієнтів, котрі були оперовані з приводу запального, травматичного чи онкологічного її ураження. Усі пацієнти лікувались в хірургічних відділеннях та відділенні політравми в 2020-2025 роках.

**Результати дослідження.** Аналіз літературних джерел [4,5] та результати

власних досліджень [6,7] обґрунтували необхідність для кращого вибору оперативного втручання запропонувати патогенетично обґрунтовану та клінічно апробовану пріоритетну анатомо-функціональну класифікацію хірургічних операцій у пацієнтів з дуоденогенним перитонітом в залежності від ділянки ушкодження ДПК та особливостей збереження пасажу по травному каналі:

**I. Дуоденокорекція зі збереженням шлунково-дуоденального пасажу.**

1. Дуоденостомія;
2. Дуоденальне стентування;
3. Дуоденорафія;
4. Дуоденопластика;
5. Пілородуоденопластика;
6. Циркулярна резекція ДПК;
7. Гастродуоденоанастомоз (без резекції шлунка);
8. Резекція Б-І;
9. Резекція Б-І, гастроентеро та ентеродуоденоанастомози;
10. Кишечна вставка, дуоденоентероанастомоз;
11. Дуоденоєюноанастомоз по Ру (анастомоз по Брауну);
12. Гепатикоентеро, дуоденопластика, гастроентероанастомози;
13. Папілоентеропластика, дуоденоєюноанастомоз, анастомоз по Ру (анастомоз по Брауну).

**II. Дуоденокорекція з відсутністю шлунково-дуоденального пасажу.**

1. Дуоденостомія, відключена ДПК без резекції шлунка, гастроентероанастомоз на короткій петлі (анастомоз по Брауну, по Ру) ;
2. Дуоденорафія, відключена ДПК без резекції шлунка, гастроентероанастомоз на короткій петлі (анастомоз по Брауну, по Ру) ;
3. Дуоденостомія, ушивання культі ДПК, з резекцією шлунка Б-2, гастроентероанастомоз на короткій петлі (анастомоз по Брауну, по Ру) ;
4. Дуоденорафія, ушивання культі ДПК, з резекцією шлунка Б-2, гастроентероанастомоз на короткій петлі (анастомоз по Брауну, Ру) ;
5. Дуоденоєюноанастомоз по Ру, гастроентероанастомоз на ще одній петлі по Ру;
6. Дуоденоєюноанастомоз, гастроентероанастомоз з анастомозом по Брауну
7. Папілодуоденопластика, дуоденоєюноанастомоз по Ру, гастроентероанастомоз на ще одній петлі по Ру;
8. Папілодуодено пластика, дуоденоєюноанастомоз, гастроентероанастомоз з анастомозом по Брауну;
9. Гепатикоентеро, гастроентеро, ентероентероанастомози;
10. Пересадка папіли, дуоденоєюноанастомоз, гастроентероанастомоз на ще одній петлі по Ру;
11. Пересадка папіли, дуоденоєюноанастомоз, гастроентероанастомоз, анастомоз по Брауну;
12. ПДР.

### **III. Повторні хірургічні втручання у пацієнтів котрі були оперовані на шлунково-дуодено-слюнальному сегменті травної системи з дуоденогенним перитонітом.**

Усі операції по показах можуть поєднуватися з дрениванням біліарної системи та ваготомією (стовбурова, селективна, СПВ, або їх різновидності).

Таким чином регіонарні і системні порушення у пацієнтів з дуоденогенним перитонітом спонукають до обґрунтованого пошуку кожної необхідної складової конкретних діагностико-лікувальних компонентів, які вже починаючи з передопераційного періоду дозволять контролювати не лише перебіг захворювання, але і запобігати виникненню негативних життєзагрозливих різноманітних ускладнень та лише з урахування стану пацієнта та сучасної медичної доктрини лікувального закладу запропонована анатомо-функціональна класифікація дозволяє краще вибрати конкретне оперативне втручання.

#### **Висновки.**

1. Лише комплексний підхід до лікування пацієнтів з дуоденогенним перитонітом, котрий ґрунтується впроваджені у хірургічну практику новітніх обґрунтованих технологій дозволить поетапно виділити патогенетично значимі складові у вирішенні усього складного ланцюга параопераційного лікувального процесу.

2. Вибір виду та об'єму хірургічного втручання у пацієнтів з дуоденогенним перитонітом має цілком залежати від прогностичної оцінки стану пацієнта та його резервів, котрі за необхідності можна розділяти та обґрунтовані етапи самого оперативного лікування.

#### **Список літератури**

1. Diaz-Martinez J., Perez-Correa N. Postcholecystectomy Duodenal Injuries, Their Management, and Review of the Literature. *Euroasian J Hepatogastroenterol.* 2024 Jan-Jun. T.14. №1. P 44-50. doi: 10.5005/jp- journals-10018-1427.PMID: 39022195.

2. Konagaya K., Kume N., Ogino H. Duodenal Ulcer Perforation Ca using Acute Cholecystitis. *Cureus.* 2024 May 29;16(5):e61293. doi: 10.7759/ cureus.61293. eCollection 2024 May.PMID: 38813075.

3. Luo B., Liu H., Gong W. A novel strategy of combining abdominal surgery and endoscopy for the quick hemostasis of acute duodenal ulcer bleeding: a case report. *Surg Case Rep.* 2024 Jan 2;10(1):1. doi: 10.1186/s40792-023- 01794-6.PMID: 38165550.

4. Wang Y., Ren Z., Shen Y.H., Fang X.G., Li Q.L., Zhong Y.S., Zhang Y.Q., Chen W.F., Zhou P.H., Lin S.L. Long-term outcomes of endoscopic resection for well-differentiated nonampullary duodenal neuroendocrine tumors. *Gastrointest Endosc.* 2024 Sep. T.100. №3. P 481-491. doi: 10.1016/j. gie.2024.02.017. Epub 2024 Feb 29.PMID: 38431107.

5. Canakis A., Irani S.S. Endoscopic repair of a perforated duodenal ulcer: time to close the gap. *VideoGIE.* 2024 Feb 5. T.9. №5. P 247-250. doi: 10.1016/j. vgie.2024.01.006. eCollection 2024 May.PMID: 38766398

6. Слонецький Б.І., Вербицький І.В., Коцюбенко В.О., Березенко І.М.

Негативні складові діагностично-лікувальної тактики у пацієнтів із гострими хірургічними захворюваннями органів черевної порожнини з летальним наслідком. Український медичний часопис. 2022. Т.3. №149. С. 73-76.

7.Слонецький Б.І., Вербицький І.В. Дуоденогенний перитоніт.- Монографія.- Київ.-2025.-Інтерсервіс.- ISBN 978-966-999-492-9.-370с.

## **ROBOTIC SURGERY: A REVIEW OF METHODOLOGICAL EFFICACY IN TOTAL KNEE ARTHROPLASTY AS OF 2026**

**Sukhin Yurii**

MD, PhD, Professor,  
Head of the Department of Traumatology, Orthopedics, and Military Field Surgery,  
Odesa National Medical University

**Pavlychko Yurii**

PhD, Associate Professor,  
Department of Traumatology, Orthopedics, and Military Field Surgery,  
Odesa National Medical University

**Topor Vladimir**

PhD, Associate Professor,  
Department of Traumatology, Orthopedics, and Military Field Surgery,  
Odesa National Medical University

**Bovsunovsky Boris**

Postgraduate Student,  
Department of Traumatology, Orthopedics, and Military Field Surgery,  
Odesa National Medical University

**Boichenko Oleksandra**

5th-Year Medical Student, Medical Faculty,  
Odesa National Medical University

**Relevance.** To date, the integration of computer technologies into clinical medicine has improved the precision and speed of various diagnostic and surgical interventions. This is particularly evident in total knee arthroplasty (TKA)—an effective surgical treatment for late-stage knee osteoarthritis, a progressive musculoskeletal condition [1–4]. Over the past half-century, continuous advancements in diagnostic capabilities and joint replacement technologies have driven an increase in the volume of these procedures while reducing postoperative complication rates. A further increase in the frequency of total joint replacement surgeries is projected [5]. Despite documented improvements in patient quality of life following major lower extremity arthroplasty (both hip and knee), approximately 30% of patients express dissatisfaction with their outcomes. This sub-optimal satisfaction rate is primarily attributed to precision errors during implant positioning and alignment [6]. Achieving optimal outcomes in knee arthroplasty mandates adherence to surgical protocols, adequate surgical skills [7], and high accuracy in femoral and tibial bone resections. Proper implant seating depth,

accurate component rotation, and anatomical alignment are critical to ensuring optimal load distribution across the host bone interfaces and endoprosthesis components. Inaccurate bone cuts—in terms of both resection height and inclination angles—can lead to component instability, joint stiffness, and persistent postoperative pain [8]. Conventional manual instrumentation and navigation techniques do not consistently achieve accurate resection. The reliance on manual methods introduces a risk of human error, which can affect the success of the surgical treatment [9].

**Objective.** To investigate the clinical strengths and limitations of various robot-assisted surgical systems, evaluate the current state of technological development in this field, and compare their efficacy against traditional manual navigation systems.

**Materials and Methods.** This study is based on an analysis of peer-reviewed domestic and international literature, combined with institutional clinical experience utilizing a computerized navigation system at the Department of Traumatology and Orthopedics of Odesa National Medical University.

**Results.** Modern surgical navigation systems are categorized into computerized navigation systems and robotic systems. Computerized modalities are further subclassified into large, console-based navigation units (with or without pre-operative imaging) and handheld accelerometric navigation devices [11]. According to current international orthopedic experience and available evidence, computerized and robotic-assisted platforms offer distinct advantages over conventional manual techniques. These advanced systems allow for a multi-parametric intraoperative assessment with higher accuracy, introducing machine precision into the calculations required for endoprosthesis alignment. Regarding the technological distinctions among these modalities, the primary difference between console-based navigation and robotic systems lies in autonomy. Console-based systems serve as surgeon-controlled intraoperative guidance tools. In contrast, robot-assisted platforms actively perform or assist in executing specific stages of the procedure, such as bone resections or drilling. A promising indication for robotic systems lies in complex arthroplasty scenarios, including revision surgeries or cases involving patients with structural deformities that present contraindications to traditional mechanical alignment guides. Currently, the primary limitations restricting the widespread adoption of these navigation systems remain their high cost and an increase in the mean operative time. Based on our institutional experience with an imageless, large console-based navigation system, all seven treated patients demonstrated an uneventful postoperative recovery.

Although it is premature to draw definitive conclusions regarding long-term implant survivorship, early postoperative clinical outcomes demonstrate no significant difference between components positioned via mechanical instrumentation and those utilizing computerized navigation. Furthermore, despite an average prolongation of operative time (+15 to 25 minutes) associated with the computerized navigation setup, no correlation with increased postoperative complication rates was observed [12].

**Conclusions.** High-tech navigation systems in knee arthroplasty facilitate accurate component positioning, ensuring optimal axial load distribution between the medial and lateral compartments of the prosthesis. Precise component alignment enables early,

pain-free rehabilitation, which helps prevent complications such as joint contracture and chronic pain.

Compared to traditional manual instrumentation, advanced technological systems offer substantial clinical benefits. Their primary drawbacks—namely, high equipment costs and extended operative times—do not negatively impact the early postoperative phase, the rehabilitation stage, or short-term implant longevity.

### References

1. Kolesnichenko VA, Golka GG, Khanyk TY, Veklych VM. Epidemiology of knee osteoarthritis [Epidemiolohiya osteoartrozu kolinnoho suhloba]. *The Journal of V N Karazin Kharkiv National University, series "Medicine"*. 2021 Dec 1; 2021(43):115–26. doi: 10.26565/2313-6693-2021-43-12. (in Ukrainian)
2. Osadchuk TI, Kalashnikov AV, Kostohryz OA, Protsenko V V. Surgical treatment of patients with osteoarthritis of the knee joints [Operatyvne likuvann`ya khvoryh na osteoartroz kolinnyh suhlobiv]. *Clinical and preventive medicine*. 2023 Dec 24; 2023(7):13–20. doi:10.31612/2616-4868.7.2023.02. (in Ukrainian)
3. Gemayel AC, Varacallo MA. Total Knee Replacement Techniques. *Stat Pearls*. 2023 Aug 4; In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. PMID: 30855796.
4. Varacallo MA, Luo TD, Mabrouk A, Johanson NA. Total Knee Arthroplasty Techniques. *Stat Pearls*. 2024 May 6; In: StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan. PMID: 29763071
5. Zazirnyi IM, Ryzhkov B. The evolution of the total knee arthroplasty for the last 50 years [Rozvytok totalnoho endoprotezuvannia kolinnoho suhloba za ostanni 50 rokiv]. *Trauma*. 2021 Nov 3;20(4):6–13; doi: 10.22141/1608-1706.4.20.2019.178741. (in Ukrainian)

## **ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОРГАНІЗАЦІЇ БОРОТЬБИ З ШУМОМ В УМОВАХ ПОБУТУ ТА ВІДПОЧИНКУ**

**Саньков Петро Миколайович,**

кандидат технічних наук,  
професор, професор кафедри охорони праці, цивільної та  
техногенної безпеки, УДУНТ ННІ «ПДАБА»,  
Дніпро, Україна

**Ткач Наталія Олексіївна,**

кандидат технічних наук,  
доцент, доцент кафедри охорони праці цивільної та  
техногенної безпеки, УДУНТ ННІ «ПДАБА»,  
Дніпро, Україна

**Макаренко Євген Євгенійович**

магістр публічного управління та адміністрування,  
керівник спортивного комплексу ННІ ПДАБА,  
Українського державного університету науки і технологій,  
(Дніпро)

**Добровольська Маргарита Артурівна,**

бакалавр спеціальності Екологія, УДУНТ  
ННІ «ПДАБА», Дніпро, Україна

**Актуальність.** Шумове забруднення — одна з найнедооціненіших екологічних проблем урбанізованого середовища. На відміну від забруднення повітря чи води, шум невидимий, не накопичується у ґрунті й не має кольору чи запаху — саме тому багато людей сприймають його неминучим, майже «нормальним» супутником міського життя. Проте за своїм впливом на здоров'я людини він не поступається хімічним. Біологічним і іншим забруднювачам довкілля.

**Мета.** Метою роботи є розгляд алгоритму організації боротьби з шумом в умовах побуту та відпочинку..

**Методи та методика.** Для досягнення поставленої мети нами визначені та розглянуті наступні завдання:

- 1 Шум як екологічна проблема сучасного міста.
- 2 Екологічні методи зниження шуму в побуті.
- 3 Шумозахисне озеленення та природні бар'єри.
- 4 Організаційні та правові аспекти (нормативи, громадська участь).
- 5 Інноваційні та мало витратні рішення (зелені дахи, натуральні матеріали).
- 6 Шум і відпочинок на природі (тихі зони, екологічні заходи).

**Вступ.** Відношення вчених до питань шумового забруднення довкілля сьогодні займає одне з провідних місць в якості важливої екологічної проблеми сучасного міста.

Природа шумового забруднення: а) природний фон (30–60 дБА); б) антропогенний шум (транспорт, промисловість, побутова техніка).

Вплив на здоров'я: а) порушення сну; б) підвищення тиску; в) серцево-судинні ризики; г) вплив на дітей.

Масштаб проблеми: а) урбанізація посилює шумове навантаження; б) боротьба з шумом — складна технічна та соціальна задача

### **Основна частина.**

#### **1. Шум як екологічна проблема сучасного міста.**

Шумове забруднення — одна з найнедооціненіших екологічних проблем урбанізованого середовища. На відміну від забруднення повітря чи води, шум невидимий, не накопичується у ґрунті й не має кольору чи запаху — саме тому багато людей сприймають його як неминучий, майже «нормальний» супутник міського життя. Проте за своїм впливом на здоров'я людини він не поступається хімічним забруднювачам.

Як утворюється шумове забруднення? У природі звуковий фон найчастіше не перевищує 30–40 дБА — шелест листя, спів птахів, шум вітру. У великому місті середній рівень шуму вдень тримається на позначці 60–80 дБА, а вздовж жвавих автомагістралей сягає 85–90 дБА. Основний внесок робить автотранспорт (60–80 % міського шуму), далі — будівельна техніка, промислові підприємства, залізниця й авіація. Окрема категорія — побутовий шум: сусіди, ремонти, звуки техніки.

Чому шум — це екологічна, а не лише «побутова незручність»? По-перше, тривала дія шуму вище 55 дБА вдень і 45 дБА уночі призводить до серйозних фізіологічних змін: підвищення артеріального тиску, порушення серцевого ритму, зниження імунітету. Всесвітня організація охорони здоров'я визнає шумове забруднення другим після забруднення повітря фактором ризику для здоров'я в Європі [1, 2]. По-друге, хронічне шумове навантаження знижує продуктивність праці, погіршує когнітивні функції в дітей (особливо заважає навчанню читанню та увазі) і порушує сон — а якісний сон є базовою екологічною потребою людини. По-третє, шум впливає на тварин: птахи змінюють спів, щоб «перекричати» міський фон, ссавці уникають гучних територій, що фрагментує їхні ареали.

**Конкретний приклад.** Дослідження Європейського агентства з довкілля (ЕЕА, 2020) показало, що понад 20 % населення ЄС зазнає впливу шуму, шкідливого для здоров'я [2]. У великих містах України ситуація аналогічна: близькість житлової забудови до транспортних магістралей без належних шумозахисних бар'єрів — типова проблема. Мешканець будинку вздовж проспекту може отримувати додаткові 10–15 дБА навантаження просто через відсутність зелених насаджень між дорогою та будинком.

**Висновок 1.** Шум — це не просто дискомфорт, а повноцінний екологічний чинник, що потребує системного підходу. Визнання цього — перший крок до вирішення такої важливої на сьогодні проблеми людства.

## **2. Екологічні методи зниження шуму в побуті.**

Коли ми говоримо про захист від шуму в побуті, перше, що спадає на думку, — це склопакети, товсті стіни чи синтетичні шумопоглиначі. Однак є цілий арсенал **екологічних** рішень, які не гірше справляються зі звукоізоляцією, але при цьому не шкодять ані здоров'ю, ані довкіллю.

**Природні матеріали в інтер'єрі.** Більшість синтетичних шумозахисних матеріалів (пінополістирол, мінеральна вата) містять речовини, що можуть виділяти леткі сполуки в повітря кімнати. Натомість кора дубу (пробка), льняні плити, кокосове волокно, овеча вовна — це відновлювані, біорозкладні матеріали з чудовими звукопоглинальними властивостями. Наприклад, **коркове покриття для підлоги** знижує ударний шум на 15–20 дБА порівняно з ламінатом чи плиткою. А **вовняний килим** (натуральний, без синтетичної основи) поглинає звук краще за будь-яке штучне покриття, до того ж регулює вологість у приміщенні.

**«Зелені» стіни та стелі.** Вертикальне озеленення всередині помешкання (фітостіни) — не лише декоративний елемент. Рослини та ґрунтовий субстрат діють як природний звукопоглинач: вони розсіюють звукові хвилі та зменшують реверберацію (відлуння) в кімнаті. Дослідження показують, що зелена стіна площею 2–3 м<sup>2</sup> знижує рівень шуму в приміщенні на 5–8 дБА. Особливо ефективні види з густим листям: хлорофітум, сциндапус, монстера, спатифілум.

**Акустичне зонування помешкання.** Це організаційний метод, який не потребує витрат. Суть проста: «гучні» зони (кухня, вітальня, коридор) мають бути віддалені від «тихих» (спальня, дитяча, кабінет). Якщо планування це дозволяє — добре. Якщо ні — можна використати меблі (книжкові стелажі вздовж спільної стіни), важкі штори з натуральних тканин (льон, бавовна) або розсувні дерев'яні панелі як додатковий бар'єр.

**Вікна та двері без хімії.** Замість герметиків на основі силікону з токсичними домішками можна використовувати натуральні ущільнювачі: вовняні стрічки, гумові прокладки з переробленої гуми, дерев'яні віконниці. Подвійне скління з різною товщиною скла (наприклад, 4 мм + 6 мм) ефективніше гасить звук, ніж однакові стекла, і не потребує додаткової хімічної обробки.

Конкретний приклад. Мешканець багатоповерхівки змінив ламінат на пробкове покриття, обклеїв стіну, спільну з сусідською вітальнею, льняними звукопоглинальними панелями (усього 1,5 см товщини) та домовився з сім'єю не запускати пилосос після 21:00. Рівень шуму в його квартирі знизився на 8–10 дБА, а скарг від сусідів більше не було. Витрати — близько 2000 грн на матеріали, жодної синтетики.

**Висновок 2.** Екологічний захист від шуму в побуті — це не дорогі технології, а поєднання розумного вибору натуральних матеріалів, продуманого планування та звичок. Найдешевший і найекологічніший ресурс — наша увага до того, які звуки ми створюємо і як на них реагуємо.

### **3. Шумозахисне озеленення та природні бар'єри [3 - 6].**

#### **3.1 Як рослини знижують шум.**

Механізм дії зелених насаджень на звукові хвилі — фізичний і біологічний одночасно. Коли звукова хвиля зустрічає на своєму шляху крону дерева або густий кущ, частина її енергії поглинається листям і гілками, частина — відбивається, а частина — розсіюється. Листя працює як природний дифузор: завдяки шорсткій поверхні та пористій структурі воно ефективно гасить високі та середні частоти, які людське вухо сприймає найбільш чутливо. Саме тому шелест листя ми чуємо як приємний фоновий звук, а не як різкий акустичний подразник.

Найкраще працює багаторівнева система: високі дерева утворюють верхній ярус, кущі — середній, а трав'яний покрив і ґрунт — нижній. Така структура знижує рівень шуму на **6–12 дБА** залежно від ширини смуги насаджень, щільності крон і пори року. Для відчуття: зниження на 10 дБА суб'єктивно сприймається як зменшення гучності вдвічі.

#### **3.2 Вибір рослин для шумозахисту**

Не всі дерева однаково корисні в боротьбі з шумом. Найефективнішими вважаються:

- **Листяні породи з великим листям:** липа, клен гостролистий, каштан, тополя. Їхнє широке листя створює більшу площу для поглинання звуку. Липа, наприклад, може знижувати шум на **8–10 дБА** влітку при ширині смуги насаджень 20–30 метрів.

- **Хвойні породи:** ялина, сосна, туя. Їхня перевага — цілорічна ефективність. Навіть узимку, коли листяні дерева стоять голі, хвойні зберігають до 70–80 % своєї шумозахисної здатності. Однак хвойні менш ефективні в теплу пору порівняно з листяними — їхні голки мають меншу площу поверхні.

- **Густі кущі:** кизильник, бирючина, спірея, шипшина. Вони ідеально підходять для створення другого ярусу — затримують звук, який пройшов крізь крону дерев. Доведено, що смуга кущів завширшки 5–7 метрів знижує рівень шуму на **4–6 дБА**.

- **Живі огорожі.** Правильно сформована жива огорожа з туї або граба заввишки 2–3 метри може працювати як ефективний шумовий бар'єр. Її перевага — компактність: вона займає значно менше місця, ніж смуга дерев, але при цьому дає зниження шуму на **5–7 дБА**.

#### **3.3 Схеми розміщення зелених бар'єрів.**

Ефективність озеленення залежить не лише від вибору рослин, а й від правильної схеми їх розміщення. Тут діє кілька важливих принципів:

**Багато ярусність.** Найкращий результат дає посадка в три яруси: високі дерева (15–25 м) зовні, ближче до джерела шуму; нижчі дерева та високі кущі (3–7 м) у середньому ярусі; низькі кущі та густий трав'яний покрив у нижньому ярусі. Така структура створює поступовий перехід густини, за якого звукова хвиля втрачає енергію на кожному рівні.

**Ширина смуги.** Для суттєвого зниження шуму смуга зелених насаджень має бути не менше **15–20 метрів**. Вузькі посадки (3–5 м) дають ефект лише на 2–4 дБА, що майже не відчувається людиною. У міських умовах, де вільного місця обмаль, оптимальним компромісом є смуга **10–15 м** — вона забезпечує зниження на 5–7 дБА.

**Щільність крон.** Дерева мають бути посаджені так, щоб їхні крони змикалися між собою — це унеможливило проходження звукових хвиль крізь проміжки. Оптимальна відстань між деревами — 3–5 метрів, між кущами — 1,5–2 метри.

**Відстань до джерела шуму.** Насадження мають бути розташовані якомога ближче до джерела шуму, а не до будівлі, яку захищають. Це пояснюється тим, що звукова хвиля найбільш енергійна біля джерела, і саме там її найлегше послабити. Саджати дерева безпосередньо під вікнами будинку — поширена помилка: вони майже не впливають на шум з вулиці, зате можуть затінювати приміщення.

#### *3.4 Живі огорожі як елемент дворового простору*

Для мешканців багатоквартирних будинків та приватних садиб одним із найдоступніших рішень є **жива огорожа** по периметру ділянки. Її перевага — компактність: на відміну від смуги дерев, огорожа займає мінімум простору, але при цьому ефективно затримує звук на рівні 1–3 метрів від землі, де шум найбільше турбує людину.

На практиці добре зарекомендували себе:

- **Туя західна (*Thuja occidentalis*)** — формує щільну стіну заввишки 2–4 метри, зберігає густину взимку. Недолік — потребує стрижки та регулярного поливу.

- **Граб звичайний (*Carpinus betulus*)** — листяна порода, яка добре тримає форму після стрижки. Влітку густий, узимку значно втрачає захисні властивості.

- **Лавровишня (*Prunus laurocerasus*)** — вічнозелений кущ, ідеальний для регіонів з м'якими зимами. Створює непроникну для звуку стіну заввишки до 3 метрів.

**Висновок 3.** Шумозахисне озеленення — найприродніший, найекологічніший і водночас один із найефективніших методів боротьби з шумом у відкритих просторах. Воно не лише знижує рівень звуку, а й очищує повітря, регулює мікроклімат, підтримує біорізноманіття та створює естетичне середовище. Однак воно потребує грамотного планування, терпіння та догляду. Ідеальне рішення — комбінація зелених насаджень із природними земляними бар'єрами в поєднанні з акустичним зонуванням території.

#### *4. Організаційні та правові аспекти (нормативи, громадська участь).*

##### *4.1 Нормативно-правова база*

Боротьба з шумом у нашій країні регулюється низкою законів та підзаконних актів. Основним документом є **Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»** [7], який встановлює гранично допустимі рівні шуму для різних типів територій. Окремо діють **Державні санітарні норми (ДСН 3.3.6.037-99)** [8] та **ДБН В.1.1-31:2013** [5] і **ДСТУ-Н Б**

В.1.1-34 [9] — будівельні норми і настанова, які визначають вимоги до звукоізоляції огорожувальних конструкцій.

Для житлової забудови встановлено такі нормативи: у денний час (з 8:00 до 22:00) допустимий рівень шуму в квартирах становить **40 дБА**, вночі — **30 дБА**. Для територій, прилеглих до лікарень, шкіл, санаторіїв, норми ще жорсткіші: **35 дБА вдень і 25 дБА вночі**. Для зон масового відпочинку та рекреації граничний рівень — **45 дБА вдень**. Перевищення цих норм є підставою для адміністративної відповідальності.

#### *4.2 Громадська участь та місцеві ініціативи*

**Ініціативи мешканців** відіграють ключову роль у вирішенні шумових проблем на локальному рівні. На практиці це може виглядати так: група мешканців багатоквартирного будинку звертається до керуючої компанії або ОСББ з вимогою провести заміри рівня шуму в квартирах. Якщо виявлено перевищення, складається акт, який стає підставою для вимоги встановити шумозахисні вікна, ущільнювачі дверей, звукоізоляцію стін.

Ще один дієвий інструмент — **колективні звернення до органів місцевого самоврядування**. Мешканці можуть ініціювати обмеження руху вантажного транспорту в нічний час, встановлення шумозахисних екранів уздовж жвавих магістралей, створення пішохідних зон у спальних районах. Прикладом є досвід Львова, де в історичному центрі запроваджено зону обмеженого доступу для автотранспорту, що дало змогу знизити рівень шуму на **5–7 дБА** на вулицях, прилеглих до площі Ринок.

**Громадські слухання** — ще один важливий механізм. Участь у них дає змогу впливати на містобудівні рішення ще на етапі проектування: вимагати використання тихих дорожніх покриттів, розташування дитячих майданчиків у глибині кварталу, а не вздовж проїжджої частини.

#### **Роль екологічної просвіти.**

**Шкільні уроки** з акустичної екології — пояснення дітям, чому не варто вмикати музику на повну гучність у багатоквартирному будинку, як шум впливає на сон, увагу та здоров'я. У кількох школах Львова такі уроки вже проводяться в межах курсу «Здоровий спосіб життя».

**Інформаційні кампанії** в будинках ОСББ — листівки в ліфтах, інфографіка на дошках оголошень, повідомлення в чатах мешканців про «тихі години» та норми шуму. Простий приклад: нагадування про те, що використання перфоратору о 8-й ранку в суботу — це порушення прав сусідів і норм закону.

**Публічні звіти** міських рад про рівень шуму в різних районах — публікація даних шумомоніторингу відкриває мешканцям очі на реальний стан і мотивує до активних дій.

**Висновок 4.** Організаційні та правові аспекти — це той фундамент, без якого екологічні методи боротьби з шумом залишаються лише добрими намірами. Законодавство дає громадянам інструменти: від фіксації порушення на смартфон до судового позову. ДБН і містобудівні норми створюють запобіжні механізми, які мають працювати ще до того, як зведено першу стіну. А громадська участь і просвіта перетворюють боротьбу з шумом з індивідуальної проблеми на спільну

справу мешканців, місцевої влади та бізнесу. Без поєднання цих трьох складників — правового регулювання, громадського контролю та просвіти — жодна шумозахисна технологія не працюватиме системно. Саме тому блок організаційних та правових аспектів є сполучною ланкою між технічними рішеннями (озеленення, звукоізоляція) та реальними змінами в якості життя людей. Шумова проблема в містах — це не лише питання фізики та акустики, а передусім питання культури співжиття, правової свідомості та готовності громадян відстоювати своє право на тишу

**Висновки:** В статті авторами розглянуто алгоритм перших чотирьох завдань, позначених на початку статті.

В якості **перспектив подальших досліджень** плануємо 5 і 6 завдання розглянути в подальших публікаціях.

### Список літератури

1. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/environmental-noise-in-europe-2025> («дата звернення» 23.05.2026).
2. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/environmental-noise-in-europe> («дата звернення» 23.05.2026).
3. Ткач Н.О. Оцінка та прогнозування впливу автомобільного транспорту на стан шумового забруднення сельбищних територій.// Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.—Кременчук—2015.—25 с
4. ДСТУ – Н Б В.1.1 - 35 "Настанова з розрахунку рівнів шуму в приміщеннях і на територіях". Київ, Мінрегіон України, 2014 р. Наказ Мінрегіону України від 10.07.2013 № 306, чинний з 2014. 01.01.
5. ДБН В.1.1-31:2013 ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ «ЗАХИСТ ТЕРИТОРІЙ, БУДИНКІВ І СПОРУД ВІД ШУМУ». Київ, Мінрегіон України, 2014 р. Наказ Мін. регіон. розвитку, будівн. та житлово-комун. госп. від 27.12.2013 р. № 630 Код УКНД 91.120.20.
6. Саньков П.М. Організації безпечних умов праці та відпочинку громадян по фактору шумового забруднення// Будівництво матеріалознавство машинобудування: зб наук. праць; серія Стародубовські читання; під заг. ред. В.І. Большакова - Д. : ДВНЗ ПДАБА, 2016 - Вип. 90 – 200 с. – С.158 – 163
7. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» [електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text> («дата звернення» 23.05.2026)].
8. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
9. ДСТУ-Н Б В.1.1-34 «Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків». Київ, Мінрегіон України, 2014 р. Наказ Мінрегіону України від 10.07.2013 № 306, чинний з 2014. 01.01.

## DEVELOPMENT OF THE DENTAL RINSE BASED ON OCTENIDINIUM HEXAFLUOROSILICATE

**Bellafkih Asmae,**

5th year higher education student  
at Odesa National Medical University

**Shyshkin Ivan,**

Senior Lecturer, PhD in Pharmacy,  
Department of Pharmaceutical Chemistry and Drug Technology,  
Odesa National Medical University

**Topicality.** Dental caries remains one of the most common dental diseases in the world and an important medical and social problem of modern dentistry. Despite the significant number of existing caries preventive agents, the search for new active pharmaceutical ingredients capable of combining antimicrobial and remineralizing properties remains relevant.

A promising direction is the use of ammonium hexafluorosilicates, in particular octenidinium hexafluorosilicate (OHFS), which combines in its structure an octenidinium cation and a hexafluorosilicate anion. Such a structure provides a complex caries-preventive effect of the compound.

**Aim of work.** Development of the composition and technology of a dental rinse based on octenidinium hexafluorosilicate, taking into account its physicochemical and pharmacological properties [1, 2].

**Materials and methods.** The work analyzed the physicochemical, pharmacological and technological characteristics of octenidinium hexafluorosilicate. When developing the dosage form, the following factors were taken into account: solubility of OHFS; stability of hexafluorosilicate anion; pH-dependence of the system; pharmaceutical compatibility of excipients; organoleptic characteristics of the drug; features of dental use. To create the dosage form, a dental rinse was chosen as the most promising form of local application, which ensures uniform distribution of the active substance in the oral cavity and prolonged contact with the surface of the teeth.

**Research results.** Based on the conducted research, the composition of the dental rinse was developed based on octenidinium hexafluorosilicate at a concentration of 0.02%. The composition of the drug includes: octenidinium hexafluorosilicate; benzalkonium chloride; glycerin; sorbitol; polysorbate-80; sodium saccharinate; menthol; citric acid; purified water.

It was established that maintaining a weakly acidic environment within the pH range of 5.5–6.5 is a necessary condition for the stability of the drug, since hydrolysis of the hexafluorosilicate anion is possible at alkaline pH. The pharmaceutical compatibility analysis showed that OHFS is incompatible with anionic surfactants,

carbonates, phosphates, and calcium and magnesium salts, which was taken into account when selecting excipients.

A technology for extemporaneous manufacturing of dental rinse has been developed, which includes: sequential dissolution of components; solubilization of flavoring; pH correction; volume adjustment with purified water; packaging in hermetic bottles and qualitative analysis of the active ingredient [3].

In addition to the basic composition, several modified formulations of the drug have been proposed for various clinical needs: children's rinse; alcohol-free version; mucoadhesive system; phytocomposition rinse; rinse for patients with hypersensitivity of the mucous membrane.

**Conclusions.** Octenidinium hexafluorosilicate is a promising active pharmaceutical ingredient for the creation of dental medicinal products for caries prevention. The composition of the dental rinse based on OHFS at a concentration of 0.02% has been scientifically substantiated. The optimal conditions for the stability of the drug have been established and the critical value of maintaining a weakly acidic pH environment has been determined. The technology for manufacturing a dental rinse has been developed and several modified formulations for various clinical needs have been proposed. The results obtained confirm the prospects of further pharmaceutical and clinical studies of dental preparations based on octenidinium hexafluorosilicate.

### References

1. I. O. Shyshkin, V. Yu. Anisimov, O. V. Nikitin, V. O. Gelmboldt Acute toxicity of octenidine hexafluorosilicate // Odesa Med. J.. 2021. № 5 (177). P. 14-17. DOI <https://doi.org/10.54229/2226-2008-2021-5-3>
2. Анісімов В.Ю., Шишкін І.О., Левицький А.П., Гельмбольдт В.О. Карієспрофілактична і пародонтопротекторна дія октенідину гексафторосилікату у щурів, які отримували карієсогенний раціон // Фарм. журнал. 2019. № 3. С. 86-95. DOI: <https://doi.org/10.32352/0367-3057.3.19.10>
3. І.О. Шишкін, О.В. Нікітін, В.О. Гельмбольдт. Ідентифікація амонієвих гексафторосилікатів з використанням хімічних методів аналізу // Одеський мед. журн. 2023. № 4 (185). С. 94-98. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-2008-2023-4-18>

## **FROM THE CUPBOARD UNDER THE STAIRS TO THE FOUR-POSTER BED WITH VELVET CURTAINS: THE TRANSLATION OF BUILDINGS, FURNITURE, AND EVERYDAY OBJECTS IN THE HARRY POTTER SERIES**

**Stoyanova-Georgieva Irina**

PhD, Senior Assistant Prof.

Konstantin Preslavsky University of Shumen

The article discusses the translation procedures used in the Bulgarian rendition of buildings, furniture, and everyday objects in the *Harry Potter* series. The methodology applied in the analysis is Aixelá's (1996) model for culture-specific items. The choice of methodology was motivated by its relevance and its application in previous studies of the same author (Stoyanova-Georgieva, 2025, 2026a). Thus, the current study is a logical continuation of a series of research papers and aims to track the translation procedures used in transcoding different categories of culture-specific items, based on Vlahov and Florin's (1990) classification. The results of the analysis reveal that substitution procedures, naturalisation, in particular, is the most preferred translation procedure for five of the books in the series, while conservation procedures and linguistic (non-cultural) translation seem to be responsible for the translation of the items affiliated with the magical world

The current study is a logical continuation of a series of studies (Stoyanova-Georgieva, 2024; 2025; 2026a; 2026b) that discuss the translation procedures applied to words which name culture-specific objects. Vlahov and Florin (1990, p. 7) term these words *realia*: "objects, concepts, phenomena from the daily life, history, and culture of the native speakers of a certain language, which do not exist in other countries"<sup>1</sup>. While Aixelá (1996) and Davies (2003) rely on the expression *culture-specific item*, which, according to them, treats "local institutions, streets, historical figures, place names, personal names, periodicals, works of art, etc." (Aixelá, 1996, p. 57). Though both Aixelá (1996) and Davies (2003) provide information about the various types of culture-specific items that can appear in a text, the categories they define are less detailed, and their analyses do not cover the full spectrum of culturally loaded terms. Klingberg (1986, as cited in Dukmak 2012), on the other hand, defines ten cultural categories, among them are literary references, customs and practices, play and games, food, flora and fauna, personal names, titles, names of objects, geographical names, and buildings and home furnishing. Despite its detailed character, Klingberg's model (1986, as cited in Dukmak 2012) appears to be outperformed by Vlahov and Florin's (1990) model, which has 46 distinct categories. This comprehensive taxonomy allows for a more precise delineation of the items which can be classified as part of a specific group, thus making the analysis more reliable and definitive.

---

<sup>1</sup> Unless otherwise indicated, all translations are mine.

This turns Vlahov and Florin's (1990) model into a preferred categorisation of CSIs. As was already mentioned, the current study is a continuation of several research papers (Stoyanova-Georgieva, 2024, 2025, 2026a) and one monograph (Stoyanova-Georgieva, 2026b), all focused on the translation of such items in Bulgarian. Therefore, this study will discuss the only category, which is represented by an extensive number of items in the seven books of the *Harry Potter* series, but has not been subjected to comprehensive analysis until now. This is the category of buildings, furniture, and everyday objects. The examination of the *Harry Potter* septology yielded 61 unique references to British and international realia (see Vlahov and Florin, 1990). Contrary to expectations, both types pose translation problems and represent bumps on the road, as Pym (2016) defines them. Such are definite places and rooms in buildings like the *cupboard under the stairs, drawing room, scullery, owlery, dormitory*; furnishings like the *twin beds, trapdoor, four-poster beds*, as well as everyday objects like *mugs, pouffes, in-trays, napkin rings* and many more.

Unlike the corpora of the previous studies (Stoyanova-Georgieva, 2024, 2025, 2026a, 2026b), the references in this category include only a small percentage of magical-item denominations – 16% as only 10 of the items name rooms, places or buildings marked by magic and magical use (*shrieking shack, owlery, broomshed, come and go room/ room of requirement, Hall of Prophecy, trunk*, etc.). In previous studies, magical items represented the backbone of the corpus: 69% of the everyday objects listed in the series (Stoyanova-Georgieva, 2025) and more than 50% of the clothing and adornments (Stoyanova-Georgieva, 2026a) were worn by magicians or were of significance for the plot of the series, revealing the unconventionality of the magical world, as well as the rebelliousness and non-conformity of its members. Unfortunately, the current study cannot fully contribute to the identification of a trend in the rendition of such items. The results can, however, support or even verify what was outlined in the previous three studies, namely, that magical items and items intertwined with magicians and their role in society are rendered predominantly by conservation procedures (Stoyanova-Georgieva, 2024, 2025, 2026a).

The methodology chosen to guide the analysis of the renditions of buildings, furniture, and everyday objects in the Bulgarian versions of the seven *Harry Potter* books is Aixelá's (1996). His model comprises 11 procedures, divided according to their disposition towards conservation and substitution. Repetition, orthographic adaptation, linguistic (non-cultural) translation, extratextual gloss, and intratextual gloss are considered conservation procedures, whereas synonymy, limited universalisation, absolute universalisation, naturalisation, deletion, and autonomous creation are defined as substitution procedures (Aixelá, 1996). However, a drawback of this methodology is the lack of paraphrasing in the substitution procedures, which seems to be the most appropriate explanation for the rendition of several items.

The decision was motivated by the fact that two of the abovementioned studies of the same author (Stoyanova-Georgieva, 2025, 2026a) were conducted utilising his model. The primary reason for choosing Aixelá's (1996) model was to ensure consistency of results, relevance, and comparability, which would have been more difficult to achieve by relying on the new model developed for a recently published

monograph addressing similar problems (Stoyanova-Georgieva, 2026b). Yet the results of the study reveal that the latter would have been more appropriate and easier to manage.

The research in the field of translation of culture-specific items in the *Harry Potter* septology demonstrates that the theme has been widely studied by numerous scholars: Jentsch (2002), Davies (2003), Brøndsted and Dollerup (2004), McDonough (2004), Feral (2006), Jaleniauskiene & Čičelytė (2009), Mussche & Williems (2010), Mäkinen, (2010), Dukmak (2012), Mičkalová (2014), Yuliasri and Allen (2014), Kirkman (2015), Rachut (2017), to mention but a few.

Yet, among the numerous studies that discuss a wide array of CSI, only one attempts a relatively comprehensive analysis of the category of buildings, furniture, and everyday objects: Dukmak (2012). It takes into consideration Klingberg's (1986, as cited in Dukmak, 2012), Aixelá's (1996) and Davies's (2003) models and devises its own, which is later applied to the analysis. The study, though not exhaustive (it covers only three of the books in the series), is extensive and analyses key items that seem to create issues in the target text. However, despite the qualities of the abovementioned study, the category it analyses includes not only buildings and furniture but also clothing. This does not allow for a precise comparison and interpretation of the data in the two languages.

The analysis of the 61 references found across the seven *Harry Potter* books shows that the greatest number of unique items were excerpted from the first book, *Harry Potter and the Philosopher's Stone* (14). This is predictable, as the first book has to introduce the world of *Harry Potter* and its material culture. According to Klingberg (1986, as cited in Dukmak, 2012), buildings and furnishings provide a better understanding of the culture. He even suggests a preferred translation procedure for this type of item that encourages comprehension. For him, added explanations or internal/external glosses, from Aixelá's (1996) perspective, provide enough information to further the process of awareness. Due to the changes in setting in each new book, the number of denominations for buildings, furniture, and everyday items does not dwindle significantly until late in the series; the second book introduces 6 new items, and the third adds 11 more. Quite expectedly, *Harry Potter and the Goblet of Fire* (book 4) also tallies 12 new items. As discussed in the three previous studies (Stoyanova-Georgieva, 2025, 2026a, 2026b), volume 4 plays a specific role: it introduces new cultures and greater challenges (duels and competitions). The last three books, however, add 8, 5, and 6 items, respectively.

As discussed, *Harry Potter and the Philosopher's Stone* is the most prolific in terms of buildings, furniture, and objects. It introduces the notorious *cupboard under the stairs* where *Harry* spent his first years in *Dursley's* house. Yet, it is a source of many such items: *four-poster beds hung with deep red velvet curtains; patchwork quilt, trapdoor, ticket barrier, courtyard, dormitory, trunk, common room, twin beds*, etc. Some of them, like *trunk* and *four-poster beds hung with deep red velvet curtains*, can be considered old-fashioned and intertwined with the world of witches and wizards.

Though Dukmak (2012) does not provide fully comparable results, as mentioned, the category in her study comprises not only buildings and furniture but also clothes,

whereas the current one also includes everyday objects. It is notable, however, that the procedures involved in translating Arabic vary significantly from those used in Bulgarian. In Arabic, preservation is the most widely used procedure (9 cases), followed by standardisation (3 cases) and explicitation (2 cases) (Dukmak, 2012). What makes an impression in this translation strategy is that it does not conform to Klingberg's (1986, as cited in Dukmak, 2012) proposals for detailed descriptions and added explanations. Dukmak (2012) adduces several examples that demonstrate how such a strategy creates false assumptions among Syrian children, as the "building system might give the impression of wealth in the TT [target text], which is not necessarily true... the translator provides a literal translation without any added explanation [for the post system] and ... the post system in Syria is different... ticket barrier... is another concept that is slightly strange to Syrian children" (p. 118).

However, the dominant translation procedures in the Bulgarian rendition of the book differ significantly. Unlike the Arabic version, no items in Bulgarian are rendered through repetition and orthographic adaptation. In fact, there are only 6 instances in which conservation procedures are used to translate all buildings, furniture, and everyday objects in the first book, and most of them are used in combination with substitution procedures such as naturalisation:

*the cupboard under the stairs* – килерът под стълбите [kilerat pod stalbite];

*four-poster beds hung with deep red velvet curtains* – балдахинен креват с четири колонки с тъмночервени кадифени завеси [baldahinen krevat s chetiri kolonki s talnocherveni kadifeni zavesi];

*letter box* – пощенска кутия\* Това, което в Англия наричат „пощенска кутия“, всъщност е само проце́п във входната врата — през него раздавачът пуска пощата — Б.пр. [poshtenska kutiya\* Това, което в Angliya narichat poshtenska kutiya, vsashtnost e samo protsep vav vhodnata vrata – prez nego razdavachat puska poshtata];

The most common conservation procedure in the Bulgarian text is linguistic (non-cultural) translation, yet the cases when it is used alone are rare:

*ticket barrier* – билетна бариера [biletna bariera];

*common room* – общото помещение [obshtoto pomeshtenie].

This act could easily be explained by Klingberg's (1986, as cited in Dukmak, 2012) suggestion for more detailed explanations.

The first book of the series relies much more on substitution procedures (absolute universalisation, naturalisation, and autonomous creation) to render buildings, furniture, and everyday objects. These procedures are used more than twice as often. Among them, however, naturalisation seems to have the highest frequency: *trunk* – куфар [kufar]; *dormitory* – спалните [spalnite]; *chair* – фотьойл [fotyoil]; *quilt* – юрган [yurgan]; *trapdoor* – капака на пода [kapaka na poda]; *living room* – хол [hol]. What is more, the combined instances of absolute universalisation (*courtyard* – двор [dvor]; *mugs* – чаши [chashi]) and autonomous creation (*four-poster beds hung with deep red velvet curtains* – балдахинен креват с четири колонки с тъмночервени кадифени завеси; *twin beds* – двойно легло [dvoyno leglo]) are fewer than the cases of naturalisation.

This tendency toward the predominance of substitution procedures exists in all subsequent books of the series, except for book 5 (*Harry Potter and the Order of the Phoenix*).

As mentioned, *Harry Potter and the Chamber of Secrets* (volume 2) introduces fewer new items than the first. The corpus has 6 references, 5 of which are regular buildings (*manor* – *голяма стара къща* [golyama stara kashta]), parts of buildings (*mullioned windows* – *затворените крила на прозорците* [zatvorenite krila na prozortsite]), rooms (*lounge* – *дневна* [dnevna]; *entrance hall* – *входната зала* [vhodna zala]), and furniture (*draining board* – *сушилня за дрехи* [sushilnya za drehi]). Yet *escapators* – *ескалации* [eskalatsii] is a case of wordplay, specifically a spoonerism (Tourey, 2014). It is based on the accidental transposition of some of the initial sounds or letters of a certain word (Tourey, 2014). Tourey (2014) defines such words as ordinary slips of the tongue, which “may acquire a host of ad hoc functions which are, [...] superimposed on the attention-catching and humorous functions that each instance might have carried in isolation” (2014, p. 272). Though such lapsus linguae normally create “a joyful and heartwarming atmosphere, enlivening the conversation or situation” (Stoyanova-Georgieva, 2026b, p. 206), making readers feel some kind of affection toward the characters who utter them (McDonough, 2004), they may certainly have hidden connotations. Such a presumption is not anomalous, since the series has been categorised as not entirely children’s literature by many scholars, both Bulgarian and foreign (see Georgiev, 2010; Dukmak, 2012; Mičkalová, 2014; Pipeva, 2014, etc.) and as ambivalent (Pipeva, 2014). The English word is obviously similar to the verb *escape*, which alludes to running away from something, e.g. oppression, avoidance, or even denial. Its Bulgarian rendition, however, is more similar to the noun *escalation*, as a synonym for conflicts, riots, and violence. Despite this, it is a creative way to retain the wordplay, even though the meanings of the words differ.

Surprisingly, instances of autonomous creation predominate in this book. The translation of *mullioned windows* as *прозорци с импости* [prozortsi s imposti] was probably considered unfathomable for target-language readers. That is why it was replaced with a reference whose meaning is completely different from the vertical and horizontal bars of wood, stone, or metal intended in the original. The same procedure was followed for *draining board*, which was exchanged for *сушилня за дрехи*, instead of the appropriate *отцедник за чинии* [otsednik za chinii]. The motivation for this could probably be didactic, as the reference was excerpted from a scene featuring the Weasley family’s owl Errol, who is put to rest on the draining board, which seems quite unhygienic.

The rest of the instances aim to bring the text closer to readers, making otherwise incomprehensible concepts more general and accessible to audiences unfamiliar with British material culture.

It is interesting that all instances representing buildings and everyday items in the magical world are designed to stand out in the text. They are either translated through linguistic (non-cultural) translation: *entrance hall* – *входна зала*, or through archaic words like *креват* for *bed* (book 1). However, this is not limited to this study; it has been demonstrated in two previous studies (Stoyanova-Georgieva, 2025, 2026). As

mentioned, the examples of magical items in this category are insufficient to prove these assumptions on their own, but they could be recorded, discussed, and serve as a verification of the findings of previous studies.

The third book of the series (*Harry Potter and the Prisoner of Azkaban*) follows both lines outlined in the previous two books. Substitution procedures (10) outnumber conservation ones (2). Naturalisation remains the most prolific among them (*pouffe* – *тумбести възглавници за табуретки* [tumbesti vazglavnitsi za taburetki]; *locker room* – *съблекалня* [sablekalnya]; *rosettes* – *гурлянди* [girlyandi]; *tankard* – *халба* [halba]). Yet absolute universalisation (*shrieking shack* – *къщата на крясъците* [kashтата na kryasatsite]), limited universalisation, synonymy (*grate* – *камината* [kaminata]), and autonomous creation (*copper kettle* – *меден казан* [meden kazan]) are also well represented. The choice of *казан* [kazan] for *kettle* seems unreasonable from the point of view of the size and purpose of the vessel, and could only be explained by the combination with the adjective *меден*, which seems to collocate with *казан* very often in Bulgarian.

Among the items extracted from the third book is another example of wordplay: *the shrieking shack* contains alliteration, which makes its name especially alluring to the reader. Despite the complexity of rendering such stylistic devices, the translator managed to convey the particular effect of the phrase and to highlight the importance of the building. This is probably the motivation behind the choice of absolute generalisation in the rendition of *shack* – *къща*. As a result, the Bulgarian counterpart also employs alliteration: *къщата на крясъците*.

Among the particularly appealing examples of creativity are words such as *соварник* [sovarnik] for *owlery*, which was created on the basis of other names of places where animals are kept: *гълбарник* [galabarnik] (pigeon-house), *свинарник* [svinarnik] (pigsty). Thus, readers make allusions between the neologism and these words.

In addition, as in the previous two volumes, the words for places in the magical world are made visible through the use of old-fashioned terms: *parlour* – *приемна* [priemna].

The fourth book (*Harry Potter and the Goblet of Fire*) is the last in the series to introduce a significant number of new references (12). It also follows the pattern of the previous books. Its translator favoured substitution procedures, using 13 (naturalisation, absolute universalisation, limited universalisation, and autonomous creation). Conservation procedures were used only 4 times, relying 2 times on intratextual gloss and 2 times on linguistic (non-cultural) translation. Naturalisation was once again the preferred substitution procedure (*net curtains* – *дантелени пердета* [danteleni perdeta]; *top box* – *горната ложка* [gornata lozha]; *sundial* – *слънчев часовник* [slanchev chasovnik]; *weather vanes* – *ветропоказател* [vetropokazatel]; *camp bed* – *походно легло* [pohodno leglo]; *chamber pots* – *нощни гърнета* [noshtni garneta]), used more often than all the other procedures, both conservation and substitution.

This time, linguistic (non-cultural) translation was used not for references to magical objects or rooms, but to render instances of British material culture (*tea cosy*

– *калъфче за чайник* [kalufche za chainik], *birdbath* – *басейнче за птици* [baseinche za ptitsi]).

The book provides another example of the untranslatability of *mullioned windows*, which were replaced there by *широки прозорци* [shiroki prozortsi] (large/wide windows).

The comparison of the results with Dukmak's (2012) study once again reveals some differences, though this time they are less significant. The Arabic translator once again chose to rely not only on preservation but also on standardisation. The key difference between the two versions of the 4<sup>th</sup> novel in the *Harry Potter* series, the Arabic and the Bulgarian, is the large number of deletions made by the Arabic translator (13), which none of the Bulgarian translators allowed themselves.

The fifth volume is the only one that deviates from the tendency of the books in the series. The 8 references, excerpted from its text, were rendered by 5 conservation (orthographic adaptation and linguistic (non-cultural) translation) and 3 substitution procedures (synonymy, naturalisation, and autonomous creation). The book presents the only case of orthographic adaptation for this category in the whole series: *atrium* – *атриум* [atrium]. However, it does not originate in England but in Ancient Rome and was adopted into Bulgarian long ago.

The cases of linguistic (non-cultural) translation, which account for the predominance of conservation procedures in this text, are used to render mostly buildings (*broom shed* – *барака с метли* [baraka s metli]; *room of requirement* – *нужната стая* [nuzhnata staya]) or everyday objects that are part of the furniture at 12 *Grimmauld Place* (the strange and menacing house of the wizarding *Black* family): *umbrella stand* – *поставка за чадъри* [postavka za chadari]. The umbrella stand was designed to look as if it were made from a severed troll leg. These results seem to confirm the assumption that magical items are rendered through conservation procedures to retain their foreignness and unconventionality.

However, *airing cupboards*, iconic items in traditional British homes, are referred to as *сушилня* [sushilnya]. This translation could also be treated as an autonomous creation. The same applies to international realia, such as *in-tray* – *писалище* [pishalishhte] (desk), which would have been more appropriately translated as a paraphrase: *тавичка за входяща пошта* [tavichka za vhodyashta poshta]. There are also exceptions to this, as *phone booth* is rendered through linguistic (non-cultural) adaptation, yet its translation has been approved and used for many years now.

As the last two books in the series (*Harry Potter and the Half-Blood Prince* and *Harry Potter and the Deathly Hallows*) exhibit similar results, they will be discussed together for brevity. Both volumes introduce a small number of new items, 5 and 6, respectively, which are rendered entirely through substitution procedures. The only exception in both books occurs in book 6 (Hall of Prophecy – зала с пророчества), which is rendered through linguistic (non-cultural) translation, and it is responsible for the transference of the only purely magical room in the two books. As such, it once again supports the assumption that magical items are rendered through conservation procedures, predominantly by linguistic (non-cultural) translation.

Surprisingly, both books were rendered using different substitution procedures. In *Harry Potter and the Half-Blood Prince*, the buildings, furniture, and everyday items were rendered through 1 case of synonymy (*foot stool* – *поставка за крака* [postavka za kraka]), 3 cases of absolute universalisation (*pouffe* – *столче* [stolche], *cottage* – *къща* [kashta], *flagstone* – *плоча* [plocha]), and only 1 case of autonomous creation (*long sash window* – *широки двукрили прозорци* [shiroki dvukrili prozortsi]). In *Harry Potter and the Deathly Hallows*, they were rendered through 2 cases of limited universalisation (*kissing gate* – *ниска портичка* [niska portichka]; bow-fronted chest of drawers – *издаден по средата шкаф* [izdaden po sredata shkaf]) and 4 of naturalisation (*drawing room* – *всекидневна* [vsekidnevna], *scullery* – *килерче* [kilerche]; napkin ring – *поставка за салфетки* [postavka za salfetki]; *chest of drawers* – *шкаф* [shkaf]).

The final book in the series presents another example of wordplay: *Millamant Magic Marquee*. The alliteration is obvious; unfortunately, this was not retained in the Bulgarian translation: „*вълишебните шампи* „*Миламант*“. However, using alliteration for this specific item does not seem feasible on the surface without significant changes to the meaning or the brand name. Thus, the naturalisation of the word *marquee* as *шампи* cannot be considered incorrect.

As Dukmak's (2012) study does not examine the last book in the series, the available data cover only *Harry Potter and the Half-Blood Prince*. The items in this part of the corpus were again rendered through preservation, explicitation (intertextual and extratextual glosses, according to Aixelá's (1996) terminology), and standardisation (Dukmak, 2012). Despite a lack of full compliance, except in cases of standardisation, consensus still exists. According to Dukmak (2012), *the Room of Requirement* is rendered through literal translation in Arabic as well. The same is valid for *trunk*, which is standardised just like in Bulgarian.

In conclusion, it seems that the Bulgarian translators partially adhered to the requirements and suggestions of Klingberg (1986, as cited in Dukmak, 2012). None of the books in the series employs deletion of any items, despite the obvious untranslatability of some, which were rendered in two different ways, and none managed to convey the original meaning.

Despite this, cases of naturalisation dominated the substitution procedures, which were the leading translation strategy for all books in the series except the second and the fifth. The dominance of the conservation procedures, and more precisely of linguistic (non-cultural) translations, in the latter, however, can be explained by the many purely wizarding rooms in it. This information, together with the results detected in previous books, supports the assumption that wizarding items and other signals of affiliation with the magical world are rendered through conservation procedures, and more precisely by linguistic (non-cultural) translation in particular.

The predominance of naturalisation, though, seems not to comply with Kingberg's (1986, as cited in Dukmak, 2012) suggestions for more detailed explanations and intertextual and extratextual glosses, which were not regularly employed.

### References

1. Aixelá, J. F. (1996). Culture-Specific Items in Translation. In R. Alvarez & M. Carmen-Africa Vidal (Eds.), *Translation, Power, Subversion* (pp. 52-78). Clevedon: Multilingual Matters. <https://doi.org/10.21832/9781800417915>
2. Brøndsted, K., & Dollerup, C. (2004). The names in Harry Potter. *Perspectives*, 12(1), 56–72. <https://doi.org/10.1080/0907676X.2004.9961490>
3. Davies, E. E. (2003). A Goblin or a Dirty Nose? *Translator*, 9(1), 65-100. <https://doi.org/10.1080/13556509.2003.10799146>
4. Dukmak, W. (2012). The Treatment of Cultural Items in the Translation of Children's Literature: The Case of Harry Potter in Arabic. <https://etheses.whiterose.ac.uk/6761/>
5. Feral, A.-L. (2006). The translator's 'magic' wand: Harry Potter's journey from English into French. *Meta*, 51(3), 459-481. <https://doi.org/10.7202/013553ar>
6. Georgiev, L. (2010, July 4). Hari Potar i Yan Bibiyan. *LiterNet*. <https://litenet.bg/publish8/lgeorgiev/hari-potyr.htm>
7. Jaleniauskienė, E., & Čičelytė, V. (2009). The strategies for translating proper names in children's literature. *Studies about Languages*, 15, 31-42. [https://www.researchgate.net/publication/228653802\\_The\\_Strategies\\_for\\_Translating\\_Proper\\_Names\\_in\\_Children%27s\\_Literature](https://www.researchgate.net/publication/228653802_The_Strategies_for_Translating_Proper_Names_in_Children%27s_Literature)
8. Jentsch, N. K. (2002). Harry Potter and the Tower of Babel: Translating the magic. In L. A. Whited (Ed.), *The ivory tower and Harry Potter: Perspectives on a literary phenomenon* (pp. 285–301). University of Missouri Press.
9. Kirkman, R. (2015). Translating the Harry Potter Novels into French: Cultural Issues, Linguistic Features and Translation Strategies. MA Thesis.
10. Mäkinen, K. (2010). *Harry Potter and the challenges of translation: Proper names in the Finnish translation*. (thesis).
11. McDonough, J. (2004). Muggles, and Quidditch, and Squibs, Oh My! A study of names and onomastic wordplay in translation, with a focus on the Harry Potter series. Unpublished M.A. thesis, University of Ottawa.
12. Mičkalová, P. (2014). *Harry Potter in Czech translation: A study of proper names* (Bachelor's thesis, Tomas Bata University in Zlín). <http://hdl.handle.net/10563/31687>
13. Mussche, E., & Willems, K. (2010). Fred or Farid, bacon or baydun ('egg')? Proper names and cultural-specific items in the Arabic translation of *Harry Potter*. *Meta*, 55(3), 474–498.
14. Pipeva, M. (2014). *Svoeto v chuzhdoto, chuzhdoto v svoeto: balgarskite prevodi na anglijska detska literatura*. Universitetsko izdatelstvo Kliment Ohridski.
15. Pym, A. (2016). *Translation solutions for many languages: Histories of a flawed dream*. Bloomsbury.
16. Rachut, K. (2017). The specificity of literary proper names: *Harry Potter* in translation into Polish and Russian. *Annales Neophilologiarum*, 11, 127–142. <https://doi.org/10.18276/an.2017.11-10>
17. Rowling, J. K. (1997). *Harry Potter and the Philosopher's Stone*. Bloomsbury.
18. Rowling, J. K. (2014). *Harry Potter and the Chamber of Secrets*. Bloomsbury.

19. Rowling, J. K. (1999). *Harry Potter and the Prisoner of Azkaban*. Bloomsbury.
20. Rowling, J. K. (2014). *Harry Potter and the Goblet of Fire*. Bloomsbury.
21. Rowling, J. K. (2003). *Harry Potter and the Order of the Phoenix*. Bloomsbury.
22. Rowling, J. K. (2005). *Harry Potter and the Half-Blood Prince*. Bloomsbury.
23. Rowling, J. K. (2007). *Harry Potter and the Deathly Hallows*. Bloomsbury.
24. Stoyanova-Georgieva, I. (2024). Fantastic names and how to translate them. *Studies in Linguistics, Culture, and FLT*, 12(3), 99-114. <https://doi.org/10.46687/GBMV8502>.
25. Stoyanova-Georgieva, I. (2025). Everyday magical and muggle objects and their translations in Bulgarian. *Litermedia: Journal of Humanities and Communications*, 138-151. e-ISSN 3033-2931; p-ISSN 3033-294X
26. Stoyanova-Georgieva, I. (2026a). Knickerbockers, nightshirts, robes, and a hat with a stuffed vulture on top: Clothing and its translations in the Harry Potter series. *Studies in Linguistics, Culture, and FLT*, 14(1), 8-20. <https://doi.org/10.46687/HYBR2099>
27. Stoyanova-Georgieva, I. (2026b). *Cultural Transfiguration: Translation Procedures and Challenges in the Bulgarian Rendering of Harry Potter*. Asenevtsi. ISBN 978-619-266-103-8
28. Toury, G. (2014). What Is It that Renders a Spoonerism (Un)translatable? In D. Delabastita (Ed.), *Traductio. Essays on Punning and Translation* (pp. 271–291). essay, Routledge.
29. Vlahov, S., & Florin, S. (1990). *Neprevodimoto v prevoda*. Sofia: Nauka i izkustvo.
30. Yuliasri, I. & Allen, P. (2014). Foreignizing and Domesticating Harry: An Analysis of the Indonesian Translation of Harry Potter and the Sorcerer's Stone. *University of Tasmania. Journal contribution*. <https://hdl.handle.net/102.100.100/576581>
31. Zabir, A., & Haroon, H. (2018). Procedures in the translation of proper names in Harry Potter and the Goblet of fire into Malay. *GEMA Online® Journal of Language Studies*, 18(2), 108-123. <https://doi.org/10.17576/gema-2018-1802-08>

## **ОСОБИСТІСНО ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД У ФІЗИЧНОМУ ВИХОВАННІ СТУДЕНТІВ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ**

**Адєєва Ольга Вікторівна**

канд. пед. наук, доцент кафедри фізичного виховання та спорту  
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

**Казанова Ольга Миколаївна**

старший викладач кафедри фізичного виховання та спорту  
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

**Актуальність.** Сучасна парадигма освіти актуалізує формування необхідних, з точки зору соціального замовлення, особистісних важливих якостей здобувача, засвоєння ним соціокультурного досвіду, розвиток його здібностей, формування схильності до саморозвитку, культурного й духовного зростання.

Система фізичного виховання у закладах вищої освіти спрямована на формування гармонійно розвиненого, фізично та психічно здорового фахівця. Суспільство не має більш ефективних засобів для підготовки людей до нових умов життя і виробництва.

Проте, сьогодні військовий стан в Україні створює безпрецедентні виклики:

-зниження активності: дистанційне навчання та брак доступу до спорткомплексів призвели до різкого зменшення рухової активності студентів.

-психологічне виснаження: стресові фактори та зміна ритму життя демотивують молодь.

За даними вітчизняних дослідників, симптоми гіподинамії та тривожних розладів спостерігаються щонайменше у кожного третього здобувача [ 1, 2].

Вітчизняні дослідники констатують, що сучасна модель фізичного виховання у вишах поступово втрачає свою ефективність і не забезпечує належного рівня фізичної підготовки та психофізичних кондицій необхідних майбутнім фахівцям для професійної діяльності. Застарілі методики більше не відповідають викликам часу, оскільки спираються на стандартизовані програми, які не адаптовані до реалій воєнного стану [1, 2, 5, 6].

Отже, виникає проблема пошуку нових педагогічних технологій та розробки гнучких освітніх програм, здатних забезпечити суб'єкт-суб'єкту взаємодію викладача і студента, де головним пріоритетом стає свідоме формування в майбутнього фахівця навичок самостійного зміцнення здоров'я, підвищення професійно-прикладної фізичної готовності та розвитку психоемоційної стійкості до кризових викликів.

У контексті вищезазначеного, на нашу думку, зростає роль особистісно-орієнтованого підходу до фізичного виховання здобувачів вищої освіти.

В особистісно-орієнтованій педагогіці віддзеркалені ідеї гуманізму та пріоритету особистості. Її головним принципом є визнання унікальності особистості у всіх її проявах, орієнтація педагогічного процесу на особистість здобувача освіти.

Цілі особистісно-орієнтованого навчання полягають у тому, щоб: виявити життєвий досвід кожного здобувача, його пізнавальні можливості, рівень інтелекту, розкрити його потенціал, щоб надалі розвинути його в освітньому процесі; сформувати в здобувача мотивацію до пізнавальної діяльності, потребу в самопізнанні, самореалізації та самовдосконаленні; розвинути механізми адаптації, саморегуляції, самовиховання.

У фізичному вихованні означені цілі реалізуються через розвиток тілесних якостей та рухових навичок, що сприяє розкриттю власних здібностей особистості молодого людини, розвитку особистих якостей здобувача освіти вважає С. Бєлих [4].

Розуміння зв'язку здорового способу життя із власною метою життєдіяльності перетворюється на засіб розвитку здобувача освіти, що враховує його психічні, психологічні, фізіологічні та фізичні можливості, здібності й індивідуально-значимі цінності.

Цей підхід в межах системи фізичного виховання спрямовує педагогічний процес на розвиток індивідуальності, самобутності та самостійності здобувача через створення умов для реалізації його потенційних здібностей, у процесі освоєння різноманіття форм та цінностей фізичної культури.

Означене забезпечує, на думку дослідників, застосування принципів варіативності (визнання різноманітності методів, засобів, змісту й форм освітнього процесу, вибір яких здійснює з урахуванням мети та фізичного розвитку кожного здобувача освіти) та індивідуалізації (врахування фізіологічних особливостей і рівня фізичної підготовленості здобувачів, впровадження варіативних форм занять і персоналізованих програм) [6, 8].

При цьому методи і засоби навчання мають обиратися таким чином, щоб кожний здобувач освіти міг проявити себе і свої здібності. В процесі добору засобів навчання мають бути враховані всі компоненти індивідуального досвіду набутого студентами, а саме: когнітивний (знання), операційний (способи виконання дій), аксіологічний (установки, цінності) набутого студентом як суб'єктом пізнання [7].

Основним засобом системи фізичного виховання закладу вищої освіти є фізичні вправи які спрямовані на всебічний фізичний розвиток особистості, зміцнення здоров'я студентів, формування рухових умінь і навичок, а також підготовку до майбутньої професійної діяльності.

Виконання фізичних вправ здійснюється в межах даного підходу як суто індивідуальна діяльність окремого здобувача освіти, яка спрямована на розширення їхнього рухового досвіду, всебічний гармонійний розвиток, формування усвідомленої потреби у здоровому способі життя.

У контексті цього підходу фізичне виховання розглядається як персоналізований освітній процес, орієнтований на збагачення рухового

арсеналу особистості. Його головна мета — гармонійний фізичний розвиток, виховання стійкої мотивації до здорового способу життя та формування життєво необхідних і професійно значущих рухових навичок. Цей процес базується на суворому врахуванні функціонального стану, рівня здоров'я та індивідуальних біологічних можливостей кожного здобувача освіти.

Впровадження особистісно-орієнтованого підходу забезпечується дотриманням наступних принципів:

- гуманістичної спрямованості (педагог виступає партнером у взаємодії, а здобувач вищої освіти є активним суб'єктом виховання);
- індивідуалізації та диференціації (врахування стану здоров'я, рівня фізичної підготовки, індивідуальних інтересів кожного);
- варіативності (надання можливості обирати види фізичної активності, види спорту, що відповідають потребам здобувача);
- свідомості та мотивації (формування усвідомленої потреби у фізкультурно-оздоровчій діяльності та розуміння здоров'я як найвищої цінності);
- діяльності (фізична культура особистості формується лише через безпосередню фізкультурно-оздоровчу діяльність);
- рефлексії та самооцінки (аналіз власних досягнень, прогресу та розуміння своїх можливостей) [3]

Слід зазначити, що умови воєнного стану вплинули на всі складові вищої освіти. Зазначені зміни торкнулися і системи фізичного виховання, змінивши, у першу чергу, її основні завдання.

Основними завданнями цієї системи в сучасних умовах є:

- забезпечення належного рівня рухової активності здобувачів в умовах обмеженого доступу до спортивної інфраструктури, використання онлайн-платформ та домашніх тренувань;
- оволодіння навичками здорового способу життя як інструменту протидії стресу;
- задоволення потреби майбутніх фахівців у активному відпочинку для зняття емоційної напруги та покращення психоемоційного стану;
- формування у тих, хто навчається у вищих закладах освіти, вміння самостійно використовувати засоби фізичного виховання у повсякденному житті для само-оздоровлення та фізичного вдосконалення;
- залучення до систематичних занять фізичними вправами [5].

Сучасні умови актуалізують необхідність трансформації освітнього процесу з дисципліни «Фізичне виховання», головним критерієм успішності повинен стати не стільки нормативний результат, скільки формування у здобувачів освіти стійкої звички до оптимальної фізичної активності, до дотримання норм здорового способу життя та вміння самостійно дбати про своє фізичне і ментальне здоров'я.

Для досягнення цієї мети викладачам необхідно впроваджувати новітні педагогічні технології, зміщуючи акцент з академічного оцінювання на особистісно-орієнтовані технології та мотивацію.

Основними інструментами для цього стають:

- гнучке використання цифрових інструментів: застосування мобільних додатків для трекінгу активності, перехід від стандартних онлайн-трансляцій до запису інтерактивних відео уроків, які студент може виконати у зручний для себе час;

- персоналізація тренувальних програм: складання індивідуальних комплексів вправ з урахуванням наявного у студента спортивного інвентарю, рівня його фізичної підготовленості та безпекової ситуації в регіоні;

- освітній та психологічний супровід: проведення онлайн-бесіди щодо управління стресом, технік самомасажу, дихальної гімнастики та основ правильного харчування, що дозволяє студентам самостійно коригувати свій стан у періоди підвищеного навантаження або блекаутів.

**Висновки.** Отже, завдяки особистісно-орієнтованому підходу, дисципліна «Фізичне виховання» у ЗВО трансформується: з формального примусового предмета вона перетворюється на інструмент формування життєво необхідної компетентності. Сформовані під час занять звички стають основою для ефективної адаптації до викликів сьогодення, підтримки гарного самопочуття та професійного довголіття.

### Список літератури

1. Адеєва О. В., Соколов В. І., Чебан В. Ф., Єфімов Г. О. Аксіологічний підхід у формуванні фізичної культури здобувачів вищої освіти. *Педагогічна академія: наукові записки*. 2025. № 19. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15716878>

2. Адеєва О. В., Соколов В. І., Єфімов Г. О., Чебан В. Ф. Рухова активність студентів університету в умовах воєнного стану як соціально педагогічна проблема. *Computer-integrated technologies of automation of technological processes: proceeding X intern. scien. and pract. conf.*, (Hamburg, Germany nov. 05 – 08, 2024). Hamburg, 2024. P. 224-228.

3. Адеєва О. В., Соколов В. І., Чебан В. Ф., Єфімов Г. О. Особистісно-діяльнісний підхід у формуванні фізичної культури особистості здобувача вищої освіти. *Наука і техніка сьогодні*. 4 (58). 2026. С. 835-851.

4. Белих С. І. Стратегії, зміст і технології особистісно орієнтованого фізичного виховання у вищій школі як предмет науково-педагогічних досліджень. *Освіта та педагогічна наука*. 2013. № 5-6. С. 5 -12.

5. Блавт О., Загура Ф. Фізичне виховання у нових освітніх реаліях у закладах вищої освіти. *Суспільство та національні інтереси*. № 8 (16). 2025. С. 30-40.

6. Гуртова Т., Незгода С. Педагогічні основи корекції ментального здоров'я здобувачів вищої освіти у процесі фізичного виховання в умовах воєнного стану. *Освіта. Інноватика. Практика*. 2023. Том 11. № 4. С. 20-25. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i4-003>.

7. Лукавенко А. В., Єдинак Г. А. Диференційований підхід до покращення психофізичного стану першокурсників вищих навчальних закладів як проблема галузі фізичного виховання. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*: Харків: ХОВНОКУ-ХДАДМ, 2012. № 2. С. 66-70.

8. Носко М., Дорошенко Д., Носко Ю. Особистісно-орієнтовний підхід у фізичному вихованні майбутніх вчителів. *Вісник Національного університету "Чернігівський колегіум" імені Т. Г. Шевченка*. 2025 Том 187 № 31. С.259-263.

## ПСИХОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ ФОРМУВАННЯ ПОЛІТИЧНОЇ ДОВІРИ МОЛОДІ В УМОВАХ ЦИФРОВОГО СУСПІЛЬСТВА

**Ахметова Лілія**  
ГО «Агенція «Гудвіл»»

**Кулієва Катерина**  
старший викладач кафедри суспільно-гуманітарної підготовки, психології та соціальної роботи. Житомирський інститут ПрАТ «ВНЗ «МАУП»

**Клімчук Вікторія**  
здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,  
Житомирський інститут ПрАТ «ВНЗ «МАУП»»

Стрімка трансформація суспільних відносин робить проблему політичної довіри серед молодого покоління надзвичайно гострою в умовах сучасного цифрового середовища. Саме молодь виступає ключовим суб'єктом державотворення, проте її громадянська позиція сьогодні формується під безпосереднім впливом соціальних мереж, Telegram-каналів та альтернативних медіа. Високий рівень маніпуляцій, поширення дезінформації та інформаційних бульбашок у кіберпросторі створюють нові виклики для легітимності політичних інститутів. У зв'язку з цим традиційні підходи до виховання політичної свідомості стають недостатньо ефективними, оскільки потребують адаптації до віртуальної реальності. Тому комплексний аналіз психологічних механізмів, які визначають вектор довіри молоді до влади, набуває високої теоретичної та практичної значущості. Розуміння цих процесів дозволить розробити дієві психолого-педагогічні рекомендації щодо підвищення рівня громадянської відповідальності та критичного мислення молодих громадян. Це сприятиме зміцненню демократичних інститутів та формуванню стійкого імунітету суспільства до інформаційний

**Мета дослідження:** Теоретично обґрунтувати та виявити психологічні механізми формування політичної довіри молоді в умовах трансформації сучасного цифрового суспільства.

**Об'єкт дослідження:** Процес соціально-психологічного становлення політичної свідомості та довіри особистості.

**Предмет дослідження:** Психологічні чинники, медіа-впливи та когнітивні механізми, що зумовлюють формування політичної довіри української молоді в умовах цифрових комунікацій.

**Завдання дослідження:**

1. Провести теоретичний аналіз наукових підходів до визначення сутності «політичної довіри» в контексті впливу сучасного цифрового інформаційного простору.

2. Визначити ключові психологічні бар'єри та детермінанти, що впливають на сприйняття молодими людьми політичних інститутів та лідерів.

3. Дослідити специфіку функціонування механізмів довіри (або недовіри) молоді та розробити рекомендації щодо розвитку медіаграмотності як інструменту критичного сприйняття політичної інформації.

**1. Теоретичний аналіз наукових підходів до визначення сутності «політичної довіри» в контексті впливу сучасного цифрового інформаційного простору.**

У сучасній соціальній та політичній психології категорія «політична довіра» розглядається як багатовимірний конструкт, що відображає віру громадян у компетентність, чесність та прозорість владних інститутів [1, 2]. Іноземні дослідники визначають політичну довіру як запоруку стабільності демократичних систем, що базується на оцінці громадянами справедливості дій політичних представників [3]. У класичних працях вказується, що довіра є необхідною умовою для мінімізації соціальної невизначеності та підтримки інституційної легітимності [4]. Однак в умовах переходу до цифрового суспільства парадигма сприйняття влади суттєво змінюється під впливом нових медіа [5, 6]. Цей зсув вимагає переосмислення традиційних психологічних підходів до феномену довіри в контексті кіберпростору [7].

Українські науковці також наголошують на трансформації довіри, аналізуючи її крізь призму сучасних інформаційних трансформацій [8, 9, 15]. Зокрема, підкреслюється, що суспільно-політична довіра в Україні формується під тиском актуальних соціальних наративів, колективної пам'яті та історичного досвіду. ЗМІ та інтернет-технології стали ключовими інструментами, які безпосередньо редагують ставлення суспільства до влади [10]. Сучасні реалії диктують нові правила гри, де міжособистісна взаємодія переплітається з віртуальною, впливаючи на загальний рівень довіри до політикуму. У цьому контексті фокус досліджень зміщується на вивчення того, як саме цифрові канали комунікації замінюють традиційні авторитети політичних лідерів.

Особливе місце в сучасних наукових дискусіях посідає проблема впливу цифрового простору на формування політичних оцінок серед молоді. Психологи відзначають, що цифрові платформи стали головним майданчиком для обговорення суспільних питань та формування громадянської позиції. Інформаційна дієта, орієнтована на розваги в мережі, часто асоціюється з політичним відчуженням та зниженням рівня довіри до інституцій. Натомість свідоме використання цифрових медіа для пошуку інформації може підтримувати «сприятливий цикл» зростання довіри до політики. Дослідники звертають увагу на те, що інформаційне середовище інтернету часто створює «бульбашки фільтрів», які посилюють скептицизм щодо традиційних владних

структур. Ці висновки підтверджуються рядом актуальних міжнародних наукових досліджень [11, 12, 13].

Експерти акцентують увагу на подвійному ефекті впливу цифрових комунікацій на політичну довіру молодих людей. З одного боку, вільні цифрові простори можуть ставати платформами для вираження фундаментальної недовіри до демократії та поширення маніпуляцій. З іншого боку, децентралізована мережева активність здатна стимулювати нові форми політичної мобілізації, що важливо для молоді. У працях європейських дослідників також вказується на значну залежність рівня довіри від соціально-економічних режимів громадянства, в яких молодь вступає у доросле життя [12, 13, 14]. Це доводить, що феномен довіри в цифрову епоху залежить не лише від характеристик самих медіа, а й від глибинних психологічних та соціальних потреб молоді особистості. Узагальнення цих підходів формує методологічну базу для подальшого аналізу того, як саме цифрові механізми перетворюють політичну недовіру молоді на дієву громадянську участь.

## **2. Ключові психологічні бар'єри та детермінанти, що впливають на сприйняття молодими людьми політичних інститутів та лідерів.**

У сучасних умовах цифровізації суспільства процес формування політичної довіри молоді супроводжується значною кількістю психологічних бар'єрів, які ускладнюють позитивне сприйняття політичних інститутів та лідерів. Одним із ключових чинників виступає недовіра до офіційних джерел інформації, що формується під впливом інформаційної перенасиченості та постійної конкуренції між альтернативними наративами. Молоді люди часто сприймають політичну комунікацію як маніпулятивну, що знижує рівень їхньої готовності до взаємодії з владними структурами. Поширення фейкових повідомлень, дезінформації та політичного популізму посилює психологічне відчуття невизначеності та нестабільності [15, 16, 17]. У результаті формується скептичне ставлення до інститутів держави та сумніви щодо щирості політичних лідерів.

Важливим психологічним бар'єром також є політичне відчуження, яке проявляється у відчутті безсилля молоді впливати на суспільно-політичні процеси. Молоді громадяни нерідко переконані, що їхня думка не має реального значення для ухвалення політичних рішень. Така установка формує низький рівень громадянської активності та знижує мотивацію до участі у виборах, громадських ініціативах чи політичних дискусіях. Дослідники наголошують, що відчуття дистанції між владою та молоддю посилюється через недостатню представленість молодих людей у політичних структурах. У психологічному вимірі це сприяє розвитку апатії, соціального цинізму та емоційного дистанціювання від політики.

Суттєвий вплив на сприйняття політичних лідерів має рівень соціальної тривожності та емоційної напруги, характерний для молодого покоління в умовах кризових суспільних трансформацій. Війни, економічна нестабільність, пандемії та інформаційні конфлікти підсилюють потребу молоді у безпеці та прогнозованості. За таких умов молоді люди схильні оцінювати політичних лідерів не лише через їхні професійні компетентності, а й через здатність

забезпечити психологічне відчуття стабільності. Водночас високий рівень суспільної тривоги може сприяти радикалізації політичних поглядів або пошуку «сильного лідера», здатного швидко вирішувати складні проблеми. Це створює ризики підвищеної вразливості молоді до маніпулятивних технологій політичного впливу.

Окрему роль у формуванні політичної довіри відіграють когнітивні особливості сприйняття інформації у цифровому середовищі. Алгоритми соціальних мереж формують персоналізовані інформаційні стрічки, які підсилюють ефект «інформаційних бульбашок». Унаслідок цього молоді користувачі частіше взаємодіють із контентом, що підтверджує вже сформовані переконання, уникаючи альтернативних точок зору. Така селективність сприйняття сприяє поляризації політичних оцінок та зменшує здатність до критичного аналізу політичної інформації. Психологічно це призводить до посилення емоційної реактивності та зниження рівня толерантності до політичних опонентів.

Серед ключових детермінант політичної довіри молоді важливе місце займає рівень політичної культури та громадянської соціалізації. Сім'я, освітні заклади, медіа та соціальне оточення формують базові уявлення про політичну систему та роль держави у житті суспільства. Якщо молодь отримує позитивний досвід взаємодії з державними інституціями, рівень довіри до політичних структур зазвичай зростає. Натомість негативний соціальний досвід, корупційні практики чи несправедливість можуть закріплювати стійкі установки недовіри. Таким чином, політична довіра формується як результат поєднання індивідуального психологічного досвіду та ширших соціокультурних умов.

Важливою детермінантою також виступає рівень медіаграмотності молодих людей. Здатність критично оцінювати інформацію, розрізняти достовірні джерела та аналізувати політичний контент безпосередньо впливає на формування раціонального ставлення до політичних інститутів. Низький рівень медіаграмотності підвищує ризик маніпулятивного впливу та сприяє поширенню недовіри через емоційно забарвлені інформаційні кампанії. Натомість розвинене критичне мислення дозволяє молоді більш усвідомлено оцінювати діяльність влади та політичних лідерів. У сучасних умовах медіаграмотність дедалі частіше розглядається як важливий психологічний ресурс підтримання демократичної політичної культури.

З іншого боку, децентралізована мережева активність здатна стимулювати нові форми політичної мобілізації молоді та розширювати можливості її громадянської участі. Соціальні мережі створюють умови для швидкого об'єднання людей навколо суспільно важливих проблем та сприяють розвитку горизонтальних форм комунікації. Участь у цифрових спільнотах дозволяє молодим людям відчувати власну причетність до суспільних процесів та посилює їхню соціальну суб'єктність. Водночас європейські дослідники наголошують, що рівень політичної довіри молоді значною мірою залежить від соціально-економічних режимів громадянства, в яких молоде покоління входить у доросле життя. Саме тому психологічне сприйняття політичних інститутів необхідно

аналізувати у взаємозв'язку з економічною стабільністю, соціальними гарантіями та якістю демократичних практик у державі.

### **3. Специфіка функціонування механізмів довіри (або недовіри) молоді та рекомендації щодо розвитку медіаграмотності як інструменту критичного сприйняття політичної інформації.**

У сучасному цифровому суспільстві механізми формування політичної довіри молоді набувають складного та суперечливого характеру. Довіра до політичних інститутів дедалі менше ґрунтується на традиційних формах авторитету та все більше залежить від інформаційного середовища, у якому перебуває молоде покоління. Молоді люди формують політичні оцінки під впливом великої кількості інформаційних потоків, які часто мають фрагментарний та емоційно забарвлений характер. Унаслідок цього політична довіра стає нестійкою та чутливою до маніпулятивних інформаційних впливів. Особливої ваги набуває проблема співвідношення раціонального аналізу політичної інформації та емоційних реакцій, що виникають у цифровому просторі.

Механізм довіри функціонує через поєднання когнітивних, емоційних та поведінкових компонентів. Когнітивний аспект пов'язаний із оцінкою компетентності та ефективності політичних інститутів, емоційний – із переживанням безпеки, стабільності та соціальної підтримки, а поведінковий проявляється у готовності брати участь у політичному житті. Якщо молодь сприймає діяльність влади як послідовну та прозору, рівень політичної довіри зростає. Водночас інформаційні скандали, суперечливі заяви політичних лідерів чи випадки корупції швидко руйнують позитивне ставлення до державних структур. Таким чином, механізми довіри у цифрову епоху характеризуються високою динамічністю та емоційною вразливістю.

Недовіра молоді до політичних інститутів часто формується як результат тривалого впливу негативного інформаційного контенту. Соціальні мережі та цифрові платформи активно поширюють конфліктні повідомлення, що посилюють почуття тривоги, розчарування та соціальної несправедливості. Алгоритми рекомендацій концентрують увагу користувачів на емоційно резонансному контенті, що сприяє посиленню поляризації суспільних поглядів. У результаті формується феномен «емоційної недовіри», коли ставлення до політичних інститутів базується не стільки на фактах, скільки на суб'єктивних переживаннях та інформаційних враженнях. Це створює сприятливі умови для поширення популізму, конспірологічного мислення та маніпулятивних політичних технологій.

Особливістю молодіжної політичної свідомості є також висока залежність від горизонтальної комунікації у цифровому середовищі. Молодь значно частіше орієнтується на оцінки однолітків, блогерів або лідерів онлайн-спільнот, ніж на офіційні державні джерела. Така модель комунікації підсилює роль неформальних авторитетів у формуванні політичної довіри. Водночас цифрове середовище створює умови для швидкого поширення неперевіреної інформації, яка може впливати на політичні установки молодих людей. Через це довіра дедалі

більше залежить від емоційної привабливості інформаційного повідомлення, а не від його достовірності.

У цих умовах розвиток медіаграмотності стає одним із ключових інструментів формування критичного мислення та психологічної стійкості молоді до інформаційних маніпуляцій. Медіаграмотність передбачає здатність аналізувати джерела інформації, виявляти ознаки дезінформації та оцінювати достовірність політичного контенту. Формування таких навичок дозволяє молодим людям більш усвідомлено сприймати суспільно-політичні процеси та уникати впливу маніпулятивних технологій. Особливо важливим є розвиток уміння розрізнати фактичну інформацію та емоційно спрямовані повідомлення. Це сприяє зниженню рівня інформаційної тривожності та формуванню більш раціонального ставлення до політичних інститутів.

Однією з важливих рекомендацій є інтеграція медіаосвіти у систему загальної та вищої освіти. Освітні програми мають бути спрямовані не лише на технічне вивчення цифрових платформ, а й на розвиток навичок критичного аналізу політичної комунікації. Молодь повинна навчатися оцінювати джерела інформації, перевіряти факти та аналізувати мотивацію авторів інформаційних повідомлень. Важливим компонентом медіаосвіти також є формування навичок емоційної саморегуляції в умовах інформаційного перевантаження. Це дозволить зменшити психологічний вплив маніпулятивного контенту та сприятиме розвитку відповідальної громадянської позиції.

Не менш важливим напрямом є підтримка відкритої комунікації між державними інституціями та молоддю. Прозорість діяльності влади, доступність офіційної інформації та використання сучасних цифрових форматів комунікації можуть сприяти підвищенню рівня політичної довіри. Молоді люди більш позитивно сприймають політичні інститути тоді, коли мають можливість брати участь у суспільному діалозі та відчувати власну значущість у політичних процесах. Розвиток інтерактивних платформ громадянської участі здатний посилити відчуття соціальної включеності молодого покоління. У результаті медіаграмотність та ефективна цифрова комунікація можуть стати важливими чинниками формування демократичної політичної культури та стабільної суспільної довіри.

**Висновки.** У результаті проведеного теоретичного аналізу встановлено, що поняття «політична довіра» у сучасній соціальній та політичній психології розглядається як багатовимірний феномен, який формується під впливом когнітивних, емоційних та соціокультурних чинників. Виявлено, що в умовах цифровізації суспільства традиційні механізми формування довіри зазнають суттєвих трансформацій через активний вплив соціальних мереж, онлайн-медіа та цифрових комунікацій. Сучасний інформаційний простір не лише розширює доступ молоді до політичної інформації, а й створює нові ризики маніпулятивного впливу, дезінформації та поляризації суспільних поглядів. Це свідчить про необхідність переосмислення класичних наукових підходів до дослідження політичної довіри в контексті функціонування цифрового суспільства.

Дослідження психологічних бар'єрів та детермінант сприйняття політичних інститутів молоддю дозволило визначити, що ключовими чинниками недовіри виступають політичне відчуження, інформаційне перевантаження, емоційна нестабільність та низький рівень впевненості у здатності впливати на політичні процеси. Значний вплив на формування політичних оцінок мають соціальні мережі, алгоритми персоналізації контенту та горизонтальні форми цифрової комунікації. Встановлено, що молоді люди схильні орієнтуватися на емоційно привабливі інформаційні повідомлення та неформальні джерела інформації, що посилює ризики маніпулятивного впливу. Водночас рівень політичної культури, громадянської соціалізації та позитивний досвід взаємодії з державними інституціями здатні сприяти формуванню більш стабільної політичної довіри.

У процесі дослідження специфіки функціонування механізмів довіри та недовіри молоді встановлено, що політична довіра у цифровому середовищі характеризується високою динамічністю, емоційною залежністю та чутливістю до інформаційних впливів. З'ясовано, що цифрові платформи можуть одночасно виступати як інструментом демократичної мобілізації молоді, так і середовищем поширення дезінформації та політичної маніпуляції. У зв'язку з цим обґрунтовано важливість розвитку медіаграмотності як одного з ключових засобів формування критичного мислення та психологічної стійкості молодого покоління. Запропоновано посилення медіаосвіти у системі загальної та вищої освіти, розвиток навичок перевірки інформації, критичного аналізу політичного контенту та підтримку відкритої цифрової комунікації між державою й молоддю. Реалізація таких заходів сприятиме формуванню відповідальної громадянської позиції, зміцненню демократичної політичної культури та підвищенню рівня суспільної довіри.

### Список літератури

1. Levi M., Stoker L. Political Trust and Trustworthiness. *Annual Review of Political Science*. 2000. Vol. 3. P. 475–507. DOI: 10.1146/annurev.polisci.3.1.475.
2. Hetherington M. J. The Political Relevance of Political Trust. *American Political Science Review*. 1998. Vol. 92(4). P. 791–808. DOI: 10.2307/2586304.
3. Mishler W., Rose R. What Are the Origins of Political Trust? *Comparative Political Studies*. 2001. Vol. 34(1). P. 30–62. DOI: 10.1177/0010414001034001002
4. Sztompka P. Trust: A Sociological Theory. *Cambridge University Press*. 1999. DOI: 10.1017/CBO9780511527470.
5. Van Dijck J., Poell T., De Waal M. *The Platform Society*. Oxford University Press. 2018. DOI: 10.1093/oso/9780190889760.001.0001.
6. Chadwick A. *The Hybrid Media System*. Oxford University Press. 2017. DOI: 10.1093/oso/9780190696726.001.0001.
7. Яворський М. В. Психологічні механізми формування довіри в молодіжному інтернет-середовищі. *Проблеми сучасної психології*. Збірник наукових праць К-ПНУ імені Івана Огієнка, Інституту психології ім. Г.С.Костюка НАПН України. 2012. Вип. 17. С. 783-793.

8. Макух О. Є. Довіра як атрибут громадянського суспільства: комунікативний аспект. *ВІСНИК НТУУ «КПІ». Політологія. Соціологія. Право.* 2014. Вип. 2 (22). С. 85-89.
9. Українське суспільство в умовах війни. Рік 2023: Колективна монографія / С. Дембіцький, О. Злобіна, Н. Костенко та ін.; за ред. член.-кор. НАН України, д. філос. н. Є. Головахи, д. соц. н. С. Макеєва. Київ: Інститут соціології НАН України. 2023. 343 с.
10. Литвиненко О. Інформаційна безпека людини й суспільства у контексті медіафілософії. *Українознавчий альманах.* Київський національний університет імені Тараса Шевченка. 2015. Вип. 18. С. 86-89.
11. Moreno-Cabanillas A., Castillo-Esparcia A., Serna-Ortega A. Fostering Youth Trust in the European Commission: Communication on Social Media as a Key Strategy. *Media and Communication.* 2025. Vol 13. DOI: <https://doi.org/10.17645/mac.10352>.
12. Ardanaz, M., Otálvaro-Ramírez, S., & Scartascini, C. Does information about citizen participation initiatives increase political trust? *World Development.* 2023. Vol 162. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.106132>.
13. Holum, M. Citizen participation: Linking government efforts, actual participation, and trust in local politicians. *International Journal of Public Administration.* 2023. Vol. 46(13). P. 915–925. <https://doi.org/10.1080/01900692.2022.2048667>.
14. Ключко О., Пономаренко Л. Громадська активність молоді в умовах соціальних трансформацій. *Humanitas.* 2024. DOI:10.32782/humanitas/2023.5.16.
15. Ахметова Л. А., Литвинчук А. І. Критичне мислення та медіаграмотність держслужбовців як психологічні ресурси протидії інформаційним атакам в умовах війни. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського.* 2025. Том 36 (75) № 4. С. 146-151. DOI <https://doi.org/10.32782/2709-3093/2025.4/21>
16. Кулієва К.З., Клименко В.О. Проблеми сучасної української молоді в умовах війни. *Наукові ініціативи сьогодення України: правові, економічні, соціальні та поведінкові аспекти:* матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції (Житомир, 11 грудня 2025 р.). Житомир: ФК при ЖІ ПрАТ «ВНЗ “МАУП”», 2025. С. 348-350.
17. Кулієва К.З., Гойко Т.О. Біологічні ритми людини та поведінкові зміни в умовах соціальної нестабільності. *Наукові ініціативи сьогодення України: правові, економічні, соціальні та поведінкові аспекти:* матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції (Житомир, 11 грудня 2025 р.). Житомир: ФК при ЖІ ПрАТ «ВНЗ “МАУП”», 2025. С. 364-367.

## **ОСОБЛИВОСТІ ПРОЯВУ АФЕКТИВНИХ СИНДРОМІВ У ДІТЕЙ ІЗ РОЗЛАДАМИ АУТИСТИЧНОГО СПЕКТРА**

**Козачок Анастасія Сергіївна**

здобувач вищої освіти  
ВНПЗ «Дніпровський гуманітарний університет»

**Спіріна Ірина Дмитрівна**

науковий керівник, доктор медичних наук, професор  
ВНПЗ «Дніпровський гуманітарний університет»

Розлади аутистичного спектра (РАС) є однією з найпоширеніших нейророзвиткових категорій серед дітей. Такі діти мають схильність до стереотипної поведінки, порушення комунікації та труднощі у соціальній взаємодії. Часто такі порушення поєднуються з іншими психічними розладами. Це можуть бути афективні синдроми, наприклад, депресію та тривогу.

Актуальність пов'язана із фактом ускладнення афективними розладами процесу адаптації та навчання. Афективні розлади також істотно впливають на загальну якість життя дітей з РАС. Аналіз та оцінка клінічних та психологічних особливостей таких розладів дозволяє покращити наукове розуміння цієї проблеми та сприяє розробці дієвих методів психокорекції та підтримки родин, чії діти мають розлад аутистичного спектру.[1, с. 15]

Ми вже знаємо, що афективні синдроми широко поширені серед дітей із РАС. Наприклад, метааналіз, проведений С.В. Вайтом та його колегами, виявив, що депресія у таких дітей зустрічається до 30% випадків, а от тривожні розлади сягають до 40% [1, с. 15]. У свою чергу, дослідження Франциски ван Стінсель підкреслює взаємозв'язок між тривогою і депресією у дітей з РАС [5, с. 8].

М.О. Мазурек зазначає, що депресія у цих дітей часто проявляється через підвищену дратівливість, порушення режиму сну чи апетиту та соціальне дистанціювання, а не через типові симптоми депресивного стану [3, с. 10]. С.О. Мазевський та співавтори акцентують увагу на ролі алекситимії та емоційної дисрегуляції як ключових факторів формування таких порушень [1, с. 18].

За даними С. Гао та його колег, прояви депресії у таких дітей суттєво загострюють соціальна ізоляція та низький рівень соціальних навичок. Це свідчить про важливість цілеспрямованих втручань спеціалістів на ранніх етапах і соціальної підтримки для зменшення ймовірності розвитку афективних синдромів [4, с. 20].

Важливо відзначити, що афективні розлади у дітей із РАС часто маскуються під типову для них стереотипну поведінку. Тобто, серед симптомів можна виділити підвищену дратівливість, уникання соціальних контактів, порушення апетиту і сну, посилення стереотипних дій, а також тривожність чи страх змін у звичному середовищі [3, с. 10; 5, с. 8].

Ключові механізми розвитку афективних розладів включають емоційну дисрегуляцію, складнощі у вираженні та розпізнаванні емоцій і соціальну ізоляцію, що супроводжуються недостатньою підтримкою. Ці фактори пояснюють підвищений ризик розвитку депресії та тривоги навіть серед дітей з високофункціональним аутизмом [4, с. 20].

Стандартизовані інструменти для оцінки емоційного стану часто не враховують особливостей комунікації та поведінки дітей із РАС. Через це традиційні підходи можуть занижувати рівень вираженості депресії і тривоги у цієї групи дітей [3, с. 10; 5, с. 8].

Щоб покращити діагностику та корекцію афективних розладів необхідно використовувати адаптовані інструменти оцінки емоційного стану дітей з РАС. Важливим також є розвиток програм тренування емоційної регуляції та соціальних навичок. Також надання психологічної допомоги сім'ям, і створення індивідуальних планів психокорекції [1, с. 15]

Отже, ми маємо афективні розлади у дітей з РАС, що є поширеною супутньою проблемою, яка значно ускладнює їхній емоційний розвиток і соціальну адаптацію. Симптоми депресії та тривожності в цій групі мають особливості, які часто перетинаються із типовими проявами аутистичної поведінки.

Подальші наукові дослідження варто зосередити на розробці та стандартизації діагностичних інструментів, адаптованих до групи дітей з РАС. Також важливим є дослідження ефективності психотерапевтичних підходів та соціально-корекційних програм, оцінка впливу сімейного оточення й освітнього середовища. А для відображення взаємозв'язку між РАС та афективними розладами важливим є створення інтегрованих моделей.

### Список літератури

1. Mazefsky C.A., Yu L., White S.W., et al. *Mood Disorders in High-Functioning Autism: The Importance of Alexithymia and Emotional Regulation* // PubMed. — 2015. — Режим доступу: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31028592>
2. Mazurek M.O. *Mood symptoms in children and adolescents with autism spectrum disorders* // PubMed. — 2013. — Режим доступу: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24029798>
3. White S.W., Oswald D., Ollendick T., Scahill L. *Characterization of depression in children with autism spectrum disorders* // PubMed. — 2012. — Режим доступу: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21502871>
4. Zhao X., Li Y., Chen H. *The Relationship Between Autistic Traits and Depression: The Chain Mediating Roles of Interpersonal Competence and Social Avoidance and Distress* // MDPI. — 2025. — Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2076-328X/15/12/1658>
5. van Steensel F.J.A., Bögels S.M., Perrin S. *Anxiety Disorders in Children and Adolescents with Autistic Spectrum Disorders: A Meta-Analysis* // Springer. — 2011. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10567-011-0097-0>

## **АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «СОЦІАЛЬНА ПСИХОЛОГІЯ ТА КРОСКУЛЬТУРНІ МОДЕЛІ ПОВЕДІНКИ» СТУДЕНТАМ-ПСИХОЛОГАМ**

**Тертична Надія**

кандидат психологічних наук, доцент,  
доцент кафедри загальної і медичної психології,  
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця,  
Київ

**Войтович Ганна**

кандидат психологічних наук,  
старший викладач кафедри загальної і медичної психології,  
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця,  
Київ

Сучасний етап розвитку українського суспільства характеризується інтенсивними соціальними трансформаціями, глобалізаційними процесами, активною міжкультурною взаємодією та зростанням ролі психологічної науки у вирішенні суспільних проблем. В умовах воєнного стану, масштабної міграції населення, інтеграції України до європейського освітнього та культурного простору особливої актуальності набуває підготовка майбутніх психологів, здатних ефективно працювати у полікультурному середовищі. Саме тому викладання курсу «Соціальна психологія та кроскультурні моделі поведінки» є необхідною складовою професійної освіти студентів-психологів.

Соціальна психологія як галузь психологічної науки досліджує закономірності поведінки, спілкування та взаємодії людей у соціальних групах, механізми формування соціальних установок, стереотипів, міжособистісних відносин та групових процесів. Водночас кроскультурна психологія дозволяє аналізувати вплив культури на психіку людини, її цінності, способи комунікації та соціальну поведінку. Поєднання цих напрямів формує у студентів цілісне бачення людини як суб'єкта соціальної та культурної взаємодії [1].

У ХХІ столітті психолог не може обмежуватися лише знанням універсальних психологічних закономірностей. Практична діяльність фахівця дедалі частіше пов'язана з роботою з представниками різних культурних, етнічних, релігійних та соціальних груп. В українському контексті ця потреба посилюється через внутрішню та зовнішню міграцію, появу мультикультурних освітніх середовищ, активну співпрацю з міжнародними організаціями та зростання міжкультурної комунікації [2].

Вивчення кроскультурних досліджень у межах курсу «Соціальна психологія та кроскультурні моделі поведінки» дозволяють студентам: усвідомлювати вплив культури на формування особистості; розуміти відмінності у системах

цінностей та моделях поведінки; уникати етноцентризму та професійних упереджень; формувати толерантність і навички міжкультурної комунікації; ефективно працювати з людьми різного соціокультурного походження.

Сьогодні реформування вищої освіти України орієнтоване на інтеграцію до європейського освітнього простору, де міжкультурна компетентність визначається однією з ключових професійних навичок. Особливого значення ці компетентності набувають у роботі психолога з вимушеними переселенцями, ветеранами, іноземними студентами, представниками національних меншин та людьми, які пережили культурну адаптацію або соціальну ізоляцію. Таким чином, кроскультурний компонент стає не додатковим елементом освіти, а необхідною умовою професійної компетентності сучасного психолога [3].

Відповідно до сучасних міжнародних стандартів, професійна підготовка психологів має включати розвиток міжкультурної компетентності, комунікативної культури та відповідних *soft skills*. На нашу думку, викладання соціальної психології з акцентом на кроскультурні дослідження сприяє не лише оновленню змісту психологічної освіти, формуванню практичних навичок аналізу міжкультурних конфліктів та соціальних процесів, а й інтеграції міжнародного наукового досвіду та розвитку академічної мобільності студентів. Крім того, сучасна українська молодь активно взаємодіє з глобальним інформаційним простором через соціальні мережі, міжнародні освітні платформи та цифрові комунікації. Це формує нові соціальні ідентичності, змінює способи спілкування та впливає на психологічні особливості покоління. Соціальна психологія у поєднанні з кроскультурним аналізом допомагає студентам осмислювати ці процеси на науковому рівні.

Практичні заняття з курсу «Соціальна психологія та кроскультурні моделі поведінки» сприяють розвитку дослідницьких компетентностей студентів. Майбутні психологи навчаються порівнювати соціально-психологічні явища у різних культурах, аналізувати культурні детермінанти поведінки та використовувати емпіричні методи дослідження. Особливо увагу ми звертаємо на формування таких професійних навичок як проведення міжкультурних опитувань та інтерв'ю; інтерпретація результатів досліджень з урахуванням культурного контексту; аналіз соціальних стереотипів і дискримінаційних практик.

Крім того, для українського суспільства, яке переживає складні соціальні та гуманітарні виклики, підготовка психологів із високим рівнем міжкультурної компетентності має не лише освітнє, а й суспільне значення. Такі фахівці здатні сприяти соціальній згуртованості, розвитку толерантності та психологічній підтримці різних категорій населення [4].

Отже, викладання дисципліни «Соціальна психологія та кроскультурні моделі поведінки» є надзвичайно актуальним напрямом підготовки студентів-психологів. Сучасні соціальні процеси, глобалізація, воєнні виклики та інтеграція до міжнародного освітнього простору зумовлюють потребу у фахівцях, здатних ефективно діяти у багатокультурному середовищі.

Інтеграція кроскультурного компонента у викладання соціальної психології сприяє формуванню професійної компетентності, розвитку критичного мислення, толерантності та дослідницьких навичок майбутніх психологів. Це забезпечує підготовку фахівців нового покоління, які відповідають сучасним потребам українського суспільства та міжнародним стандартам психологічної освіти.

### **Список літератури**

1. Matsumoto D., Juang L. Culture and Psychology. — Boston: Cengage Learning, 2017. — 640 p.
2. Бондаренко О.Ф. Психологічна допомога особистості: навчальний посібник. — Харків: Фоліо, 2019. — 237 с.
3. Міністерство освіти і науки України. Стандарт вищої освіти України за спеціальністю 053 «Психологія». — Київ, 2020.
4. UNICEF Ukraine. Психічне здоров'я та психосоціальна підтримка дітей і молоді в умовах війни. — Київ, 2023.

## **ПРОБЛЕМИ МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА В НЬЮ- ЙОРКУ**

**Панов Ален Володимирович**

Професор, доктор філософії,  
Завідувач кафедри міжнародної політики,  
Ужгородський Національний університет

**Панова Альона Олегівна**

Викладач кафедри міжнародної політики  
Доктор філософії  
Ужгородський Національний університет

**Мартин Андрій Вікторович**

Студент факультету  
міжнародних економічних відносин  
Ужгородський національний університет

Нью-Йорк є один із найбільших мегаполісів світу з населенням 8,5 млн. осіб. Місто асоціюється з економічним прогресом, інтенсивним розвитком та багатою культурою. Інтенсивний розвиток і урбанізації призводять до суттєвого навантаження на міське середовище. Екологічні проблеми, дефіцит житла та транспортні труднощі набувають більшої гостроти і вимагають персонального підходу до їх вирішення.

Нью-Йорк є глобальним урбаністичним містом, за яким можна простежити процес адаптації великих міст до демографічного вибуху, міграційних потоків, кліматичних змін, та технологічних змін. Більша частина інфраструктури було створено за давніми стандартами, тому місто було змушене знайти інші підходи до управління ресурсами, транспортними системами, та енергозабезпеченням. Вивчення проблеми Нью-Йорка дає змогу не лише зрозуміти локальні виклики, а й виявити урбаністичні закономірності, корисні для інших мегаполісів.

Екологічна ситуація в Нью-Йорку викликає збентеження. Головною проблемою забруднення є автотранспорт, промислові об'єкти та системи опалення старих будинків. За даними агентства з охорони навколишнього середовища США (EPA), концентрація твердих часток у повітрі центральних районів перевищує норми, встановлені ВООЗ. Висока температура влітку та феномен «міського теплового острова» погіршують умови проживання в місті, особливо у малозабезпечених районах. Міська влада почне програму «Cool Neighbourhoods NYC», яка передбачає створення нових парків і висадку дерев на вулицях.

Ще одною важливою проблемою є забруднення водних об'єктів. Річки та затоки Нью-Йорка страждають від стічних вод, пластикових відходів і промислових відходів. У відповідь місто розпочало програми з очищення

прибережних зон і покращення каналізаційних систем, але застарілі колектори продовжують спричиняти переливи під час рясних опадів. Одночасно і розширюються природні території, такі як узбережжя Ямайка-Бей, де відновлюється водно-болотні території з метою пом'якшення наслідків штормів і підвищення рівня океану.

Нью-Йорк володіє одною з найпоширеніших транспортних систем в світі, але і вона стикається із багатьма серйозними проблемами. Метро обслуговує понад 5 млн. пасажирів кожного дня, його система потребує постійного оновлення і аналізу. Переважна кількість доріг і транспортні затори спричиняють втрати часу та підвищують рівень забруднення в атмосфері. Міська адміністрація вводить політику зменшення використаного приватного транспорту, розвиваючи велосипедну мережу та громадський транспорт.

У 2024 році було реалізовано пілотну програму зарядки для в'їзду до Манхеттена — «Congestion Pricing», щоб зменшити транспортні затори та стимулювати екологічно чистий транспорт.

Ще одною проблемою є фізичне зношення метрополітену: частина тунелів і рейкового господарства працює понад 100 років. Регулярні ремонтні роботи та затримки руху викликають невдоволення пасажирів і негативно позначаються на економічній активності. Оновлення включає впровадження автоматизованих систем управління поїздами та заміну застарілого рухомого складу на більш ефективний. Зростає популярність велосипедів і електросамокатів, а система міського прокату велосипедів Citi Bike постійно зростає, і поширюється. Водночас питання безпеки велосипедистів і пішоходів потребує додаткових капіталовкладень у дорожню інфраструктуру.

Питання доступності житла залишеться одною із основних проблем Нью-Йорка. Зростання оренди та нестабільні операції на ринку призводять до витіснення середнього класу з центральних районів міста. За даними Housing Authority (2023), понад 40% мешканців витрачають більше третини свого доходу на оплату оренди житла. Міська програма «Housing New York 2.0» спрямована на будівництво 300 000 одиниць доступного житла до 2030 року. Проте темпи реалізації залишаються недостатніми, а черга на соціальне житло налічує понад 200 000 заяв.

Особливо гостро житлову кризу видно на молоді, мігрантах і самотніх батьках. Багато орендарів змушені жити в маленьких квартирах або ділити житло із кількома родинами. Паралельно до цього зростає кількість бездомних: за оцінками неурядових організацій, їхня кількість перевищує 70 тисяч осіб. Місцевий уряд відкриває притулки для боротьби із цим явищем, але їх часто критикують через якісь нестандартні умови. Додатково впроваджується практика зміни напрямку діяльності застарілих готелів і офісних приміщень під соціальне житло.

Соціальна нерівність у Нью-Йорку виявляється у розриві між заможними районами, такими як Манхеттен, і бідними кварталами Бронксу чи Брукліна. Це відображається у доступі до освіти, медичних послуг і працевлаштування. За інформацією Бюро перепису США (2024), 18% населення міста перебувають за

межею бідності. Міська влада впроваджує програми з розширення соціальних послуг, підтримки малозабезпечених сімей і розвитку громад. Важливим напрямом роботи є підвищення рівня громадської безпеки через реформування поліцейської системи та програми профілактики насильства.

Не менш суттєвою є проблема доступу до медичного обслуговування. Під час пандемії COVID-19 з'ясувалося, що жителі районів із низьким рівнем доходів мають гірший доступ до лікарень, медичного страхування та якісних послуг. У відповідь місто посилює програми Medicaid, відкрило мобільні клініки та збільшило кількість громадських центрів охорони здоров'я. У сфері зайнятості спостерігається несхожість: технологічний і фінансовий сектори забезпечують високі доходи, тоді як працівники сфери послуг і мігранти стикаються з нестабільними умовами праці та низькою заробітною платою.

Міська стратегія «OneNYC 2050» окреслює основні напрями розвитку: зменшення викидів парникових газів, розвиток відновлюваної енергетики, збільшення площі парків і водних зон. Нью-Йорк планує скоротити викиди CO<sub>2</sub> на 80% до 2050 року. Реалізуються проекти «Green Roofs» і «Zero Waste NYC», спрямовані на переробку відходів і зменшення забруднення навколишнього середовища. Місто інвестує у смарт-технології управління енергоспоживанням, транспортом і громадською безпекою.

Окрема увага приділяється енергоефективності будівель, які є найбільшим джерелом викидів CO<sub>2</sub> у місті. Закон Local Law 97 встановлює жорсткі вимоги щодо скорочення вуглецевого сліду для великих споруд. На дахах муніципальних будівель встановлюються сонячні панелі, а в школах і лікарнях — системи енергозбереження та теплоізоляції. Розширюються прибережні захисні зони, зокрема у Стейтен-Айленді та Нижньому Манхеттені, з метою захисту міста від наслідків ураганів і підвищення рівня моря.

Проблеми міського середовища Нью-Йорка є дуже складними і різноманітними. У цьому місті живе багато людей, тому не дивно, що виникають труднощі з транспортом, житлом, екологією та соціальними питаннями. Усі ці проблеми пов'язані між собою, і вирішувати їх потрібно не окремо, а комплексно. Для цього важливо, щоб міська влада, бізнес і звичайні мешканці співпрацювали та підтримували одне одного.

У Нью-Йорку вже намагаються робити місто більш зручним і безпечним для життя. Влада впроваджує різні програми сталого розвитку, будує нові зелені зони, покращує громадський транспорт, розвиває велоінфраструктуру. Також робляться кроки, щоб зменшити забруднення повітря та води, бо це велика проблема для великого мегаполіса.

Попри всі зусилля, залишаються й серйозні труднощі. Наприклад, у деяких районах умови життя набагато гірші, ніж у центральних. Є проблеми з доступним житлом, високими цінами, шумом і перенаселеністю. Транспортна система часто перевантажена, особливо у години пік. Також частина бізнесу не завжди підтримує соціальні проекти, бо це не приносить швидкого прибутку.

Успіх змін у Нью-Йорку залежить від багатьох факторів: від планування, фінансування, політичної волі й, звичайно, від активності самих мешканців.

Якщо люди будуть зацікавлені у розвитку свого міста, а влада дослухатиметься до них, тоді результати будуть набагато кращими.

Нью-Йорк показує, що навіть у величезному місті можна шукати нові підходи до вирішення старих проблем. Якщо продовжувати працювати над екологією, соціальною рівністю, транспортом і благоустроєм, то місто може стати прикладом для інших мегаполісів світу.

### Список літератури

1. U.S. Environmental Protection Agency (2024). Air Quality in New York City. [<https://www.epa.gov/air-quality>]
2. NYC Department of Environmental Protection (2023). Cool Neighborhoods NYC Initiative. [[https://www.nyc.gov/assets/orr/pdf/Cool\\_Neighborhoods\\_NYC\\_Report.pdf](https://www.nyc.gov/assets/orr/pdf/Cool_Neighborhoods_NYC_Report.pdf)] [<https://climate.cityofnewyork.us/reports/cool-neighborhoods-nyc/>]
3. Metropolitan Transportation Authority (2024). Congestion Pricing and Mobility Report. [<https://www.mta.info/project/CBDTP>]
4. New York City Housing Authority (2023). Affordable Housing Program Annual Report. [<https://www.nyc.gov/assets/nycha/downloads/pdf/NYCHA-ACFR-2023.pdf>]
5. NYC Department of Social Services (2024). Poverty and Social Inclusion Data Summary. [<https://www.nyc.gov/site/hra/about/facts.page>]
6. NYC Mayor's Office of Sustainability (2023). OneNYC 2050: A Strong and Just City. [<https://www.nyc.gov/site/sustainability/onenyc/onenyc.page>]

## СОЦІАЛЬНА ПРОФІЛАКТИКА ВІКТИМНОЇ ПОВЕДІНКИ УЧНІВ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ ОСВІТИ

**Лисаченко Володимир Володимирович**

аспірант

Ужгородський національний університет

У сучасному суспільстві проблема віктимної поведінки серед учнів закладів загальної освіти набуває особливої актуальності. Зростання випадків булінгу, психологічного насильства, конфліктів у шкільному середовищі та негативного впливу соціальних мереж створює ризики для гармонійного розвитку особистості дитини. Саме тому важливого значення набуває соціальна профілактика віктимної поведінки школярів [1].

Віктимна поведінка формується під впливом різних соціальних та психологічних чинників. До основних причин належать несприятливий психологічний клімат у сім'ї, низький рівень самооцінки, труднощі у спілкуванні з однолітками, недостатній рівень соціальної підтримки та негативний інформаційний вплив. Також значну роль відіграють особистісні особливості учнів та їхня нездатність ефективно реагувати на конфліктні ситуації [2].

Дослідження, оприлюднені Соціологічною асоціацією України, свідчать про актуальність проблем психологічної безпеки учнів у закладах загальної освіти. Науковці наголошують, що віктимна поведінка часто формується під впливом несприятливого соціального середовища, конфліктів у сім'ї, недостатньої підтримки з боку дорослих та труднощів у міжособистісній комунікації. Особливу увагу дослідники приділяють необхідності комплексної профілактичної роботи за участю педагогів, психологів та батьків [6].

Заклади загальної освіти відіграють важливу роль у попередженні віктимної поведінки. Саме школа є тим соціальним середовищем, де дитина проводить значну частину свого часу та набуває навичок соціальної взаємодії. Педагоги та соціальні працівники повинні своєчасно виявляти ознаки психологічного дискомфорту учнів, проводити профілактичні бесіди та створювати атмосферу довіри й підтримки [3].

За даними Українського інституту соціальних досліджень ім. О. Яременка, значна кількість учнівської молоді стикається з проявами агресії, психологічного тиску та кібербулінгу. У дослідженнях підкреслюється, що негативний психологічний клімат у шкільному середовищі може призводити до підвищення рівня тривожності, соціальної ізоляції та зниження успішності учнів. У зв'язку з цим важливого значення набуває формування безпечного освітнього середовища та розвиток навичок конструктивної соціальної взаємодії [7].

Ефективним напрямом профілактики є психологічна підтримка школярів. Важливим є формування в учнів адекватної самооцінки, навичок самоконтролю та конструктивного вирішення конфліктів. Проведення тренінгів, групових

занять і профілактичних програм сприяє розвитку впевненості в собі та здатності протидіяти негативному соціальному впливу.

Соціальна профілактика віктимної поведінки повинна мати комплексний характер та здійснюватися у взаємодії педагогів, соціальних працівників, психологів і батьків. Важливими напрямками профілактичної роботи є формування навичок безпечної поведінки, розвиток емоційного інтелекту, комунікативних умінь та критичного мислення. Ефективними є тренінги, просвітницькі заходи, індивідуальні консультації та програми протидії булінгу [4; 5].

Створення безпечного освітнього середовища є необхідною умовою профілактики віктимної поведінки. У закладах освіти повинні дотримуватися принципи толерантності, взаємоповаги та недопущення будь-яких форм дискримінації чи насильства. Важливу роль у цьому процесі відіграє співпраця педагогів із батьками та громадськістю.

Профілактична робота дозволяє не лише зменшити ризик віктимізації учнів, але й сприяє формуванню соціально активної, психологічно стійкої особистості. Комплексний підхід до профілактики забезпечує підвищення рівня безпеки в учнівському середовищі та позитивно впливає на процес соціалізації дітей і підлітків.

Отже, соціальна профілактика віктимної поведінки учнів закладів загальної освіти є важливим напрямом соціально-педагогічної діяльності. Створення безпечного освітнього середовища, підтримка позитивної комунікації та розвиток соціальних навичок учнів сприятимуть зниженню ризику віктимізації дітей та формуванню гармонійної особистості.

### **Список літератури**

1. Безпалько О. В. Соціальна педагогіка. Київ: Центр учбової літератури, 2020. 208 с.
2. Капська А. Й. Соціальна педагогіка. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 488 с.
3. Оржеховська В. М. Профілактика девіантної поведінки неповнолітніх. Київ: ВіАн, 2019. 320 с.
4. Закон України «Про освіту» № 2145-VIII від 5 вересня 2017 року.
5. Закон України «Про повну загальну середню освіту» № 463-IX від 16 січня 2020 року.
6. Соціологічна асоціація України. Дослідження соціальних проблем молоді в Україні.
7. Український інститут соціальних досліджень ім. О. Яременка. Здоров'я та поведінкові орієнтації учнівської молоді.

## **АВТОМАТИЗОВАНЕ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОНОМНИХ ШІ-АГЕНТІВ**

**Саган Надія Зенонівна,**  
старший викладач кафедри  
інформаційних технологій та програмування  
Івано -Франківська філія Університет «Україна»

**Антонюк Ярослав Миколайович**  
здобувач освіти, 1 курс, група ІІЗ-25-1-іф  
спеціальність F2 Інженерія програмного забезпечення

**Коростіль Петро Іванович**  
здобувач освіти, 1 курс, група ІІЗ-25-1-іф  
спеціальність F2 Інженерія програмного забезпечення

**Воробець Назар Ярославович,**  
здобувач освіти, 2 курс, група ІІЗ-24-1-іф  
спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення

**Дяченко Ярослав Богданович,**  
здобувач освіти, 2 курс, група ІІЗ-24-1-іф  
спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення

**Анотація.** У роботах досліджено підходи до трансформації процесів забезпечення якості програмного забезпечення шляхом переходу від класичних скриптових інструментів автоматизації до автономних агентів на базі штучного інтелекту. Проаналізовано архітектурні принципи функціонування ШІ-агентів, здатних самостійно досліджувати інтерфейси користувача, генерувати тестові сценарії, верифікувати результати та адаптувати код тестів до змін у програмному забезпеченні. Визначено переваги використання автономних систем у контексті скорочення часу виходу продукту на ринок, підвищення покриття тестами та зниження витрат на підтримку тестової інфраструктури, а також окреслено ключові виклики, пов'язані з недетермінованістю висновків нейромереж.

**Ключові слова:** інженерія програмного забезпечення, автоматизоване тестування, автономні ШІ-агенти, великі мовні моделі, генерація тестів, забезпечення якості, самовідновлення тестів.

Сучасна індустрія розробки програмного забезпечення характеризується безперервним ускладненням архітектури цифрових продуктів та радикальним

прискоренням темпів їх релізу [1]. Впровадження концепцій швидкої розробки та безперервної інтеграції (CI/CD) вимагає від інженерів із забезпечення якості максимальної швидкості перевірки працездатності систем [1,2]. Проте традиційні підходи до автоматизації тестування, засновані на написанні статичних скриптів за допомогою популярних фреймворків типу Selenium, Playwright або Cypress, дедалі частіше демонструють свою неефективність і стають головним гальмівним фактором розробки [2,3].

Головна проблема класичної автоматизації полягає у високій крихкості тестів та колосальних трудовитратах на їх підтримку. Найменша зміна в дизайні інтерфейсу користувача, структурі документу DOM або логіці ідентифікаторів елементів призводить до падіння тестових сценаріїв, вимагаючи ручного втручання інженера для рефакторингу коду [3,4]. У цих умовах виникає об'єктивна необхідність переходу до якісно нової парадигми — автоматизованого тестування за допомогою автономних ШІ-агентів, здатних імітувати інтелектуальну поведінку людини, самостійно приймати рішення та адаптуватися до змін у програмному середовищі в реальному часі [4,5].

На відміну від статичних скриптів, які сліпо виконують жорстко закодовану послідовність кроків, автономні ШІ-агенти будуються на базі мультимодальних великих мовних моделей (LLM), інтегрованих із системами комп'ютерного зору та інструментами виконання дій всередині операційного середовища [5, 6]. Функціонування такого агента базується на замкнутому циклі сприйняття, планування та дії [6].

На етапі сприйняття агент аналізує поточний стан програмного додатка, зчитуючи не лише текстовий вміст та ієрархію елементів, а й сприймаючи візуальний рендеринг сторінки як єдине ціле [6, 7]. Завдяки цьому ШІ здатний розуміти контекст інтерфейсу на семантичному рівні, розпізнаючи призначення кнопок, форм введення та навігаційних елементів незалежно від того, які технічні атрибути чи класи присвоєні їм у коді розробниками [7]. Отримавши верхньоівневе завдання, наприклад, перевірити процес оформлення замовлення в інтернет-магазині з використанням промокоду, автономний агент самостійно розбиває його на підзадачі, формує оптимальний сценарій поведінки та динамічно взаємодіє з додатком, клікаючи на елементи та заповнюючи поля реалістичними тестовими даними [5, 7].

Одним із найбільш революційних аспектів застосування ШІ-агентів в інженерії програмного забезпечення є їхня здатність до автономного дослідження систем без попередньої документації, що відоме як інтелектуальне дослідницьке тестування (*Exploratory Testing*) [4, 8]. Керуючись прагненням максимізувати покриття коду та знайти приховані дефекти, агент може генерувати тисячі унікальних користувацьких шляхів, комбінуючи нестандартні дії та граничні значення даних, які людина-тестувальник могла б упустити через когнітивну упередженість [8].

Більше того, ШІ-агенти успішно вирішують проблему крихкості автоматизованих тестів за допомогою механізмів самовідновлення (*self-healing*) [3, 9]. Якщо під час виконання тесту виявляється, що цільова кнопка змінила свій

колір, розташування або технічний селектор, агент не зупиняє роботу з помилкою. Він використовує свої аналітичні можливості для ідентифікації потрібного елемента за непрямими ознаками та контекстом, успішно завершує тест, а потім автоматично генерує виправлений варіант тестового скрипта або звіт для інженерів із деталізацією внесених змін [7, 9].

Паралельно з тестуванням графічного інтерфейсу автономні агенти демонструють високу ефективність у верифікації прикладних програмних інтерфейсів (API) та аналізі логів серверної частини [10]. Вони здатні самостійно вивчати специфікації OpenAPI, генерувати коректні та некоректні запити для перевірки стійкості бекенду, а також автоматично інтерпретувати коди відповідей і структуру JSON-схем [10, 11].

У випадку виявлення аномалії чи падіння системи, ШІ-агент проводитиме первинну локалізацію дефекту. Він співставляє дії, що призвели до помилки, із записами у лог-файлах, аналізує трасування стеку викликів і формує вичерпний звіт про баг, який містить не лише детальні кроки для відтворення, а й гіпотезу щодо конкретної ділянки вихідного коду, де було допущено помилку, що значно прискорює процес налагодження для розробників [11, 12]. Незважаючи на колосальний потенціал, впровадження автономних ШІ-агентів у практику тестування пов'язане з низкою складних інженерних та методологічних викликів [12, 13]. Головним із них є проблема недетермінованості великих мовних моделей. Оскільки одна й та сама модель на один і той самий запит може генерувати дещо різні варіанти дій, виникає складність із забезпеченням повторюваності тестів, що є фундаментальною вимогою класичного контролю якості [13].

Іншим серйозним бар'єром є проблема "галюцинацій" ШІ, коли агент може невірно інтерпретувати коректну поведінку програми як помилкову або навпаки — пропустити критичний дефект, сприйнявши його за специфічний елемент дизайну [13, 14]. Крім того, розгортання та постійний інференс мультимодальних моделей вимагають значних обчислювальних ресурсів, що здорожує вартість тестової інфраструктури порівняно зі звичайними текстовими скриптами [14, 15]. Таким чином, автоматизоване тестування за допомогою автономних ШІ-агентів визначає магістральний вектор розвитку інструментарію комп'ютерної інженерії та програмування [15]. Ця технологія докорінно змінює роль інженера з тестування, зміщуючи його фокус із рутинного написання та підтримки коду тестів на стратегічне проектування цілей, валідацію поведінки моделей та управління високорівневими правилами безпеки [1, 15]. Подальший розвиток автономних агентів, оптимізація їх обчислювальних моделей та розробка гібридних підходів, що поєднують строгість класичних алгоритмів із гнучкістю штучного інтелекту, дозволить досягти безпрецедентного рівня надійності та швидкості створення програмних продуктів нового покоління.

### Список літератури

1. Garousi, V., & Felderer, M. (2020). World-class test automation: A continuous improvement framework. *IEEE Software*, 37(5), 56-63.

2. Fowler, M. (2018). *Continuous Integration: Improving Software Quality and Reducing Risk*. Addison-Wesley Professional.
3. Leotta, M., Clerissi, D., Olinas, D., Reggio, G., & Ricca, F. (2021). Visual vs. DOM-based web test automation: An empirical study on software evolution. *Empirical Software Engineering*, 26(3), 45.
4. Meszaros, G. (2017). *xUnit Test Patterns: Refactoring Test Code*. Pearson Education.
5. Xi, Z., Chen, W., Guo, X., He, W., Ding, Y., Feng, B., ... & Gui, T. (2023). The rise and potential of large language model based agents: A survey. *arXiv preprint arXiv:2309.07864*.
6. Wieringa, R. (2024). *Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering*. Springer Nature.
7. Zheng, Y., Liu, X., & Machine, L. (2024). Autonomous Web UI Testing using Multimodal Large Language Models. *Proceedings of the International Conference on Software Engineering (ICSE)*, 112-124.
8. Itkonen, J., Mäntylä, M. V., & Lassenius, C. (2013). How do testers do exploratory testing? An exploratory study of exploratory testing. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 39(5), 688-707.
9. Pan, R., Sun, Y., & Zhang, L. (2022). Self-healing test automation for modern web applications: A systematic mapping study. *Journal of Systems and Software*, 186, 111204.
10. Atlidakis, V., Godefroid, P., & Polishchuk, M. (2020). Restler: Stateful automated REST API testing. *Proceedings of the 42nd International Conference on Software Engineering*, 748-758.
11. Wang, J., Huang, Y., & Chen, X. (2024). Automated API testing and server-side log analysis using LLM agents. *Software Testing, Verification and Reliability*, 34(2), e1845.
12. Ji, S., Zhang, T., Ansari, L., Fu, J., Tiwari, P., & Cambria, E. (2023). Domain-specific LLMs for software engineering: Challenges and opportunities. *Information Fusion*, 95, 231-244.
13. Zhang, J., Zhang, L., & Harman, M. (2024). Flaky tests in the era of AI-driven software engineering: A study of non-determinism in LLM-generated test suites. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 33(1), 1-28.
14. Huang, F., Kwak, H., & An, J. (2023). Is ChatGPT a good QA engineer? An evaluation of LLMs on software testing tasks. *IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME)*, 405-416.
15. Tonella, P., & Ricca, F. (2025). The Future of Software Testing: From Automation to Autonomy. *Software Quality Journal*, 33(1), 5-22.

## **НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ЗАСАДИ ІНТЕГРАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ ДО ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ**

**Ковальова Оксана Володимирівна**

кандидат технічних наук, доцент  
доцент кафедри «Управління вантажною і комерційною роботою»  
Український державний університет залізничного транспорту

**Чехунов Денис Миколайович**

кандидат технічних наук  
старший викладач кафедри «Управління вантажною і комерційною роботою»  
Український державний університет залізничного транспорту

**Лазор Любомир Олегович**

аспірант  
Український державний університет залізничного транспорту

Інтеграція залізничного транспорту України до транспортної системи Європейського Союзу є складним багаторівневим процесом, що передбачає не лише модернізацію транспортної інфраструктури, а й комплексну адаптацію нормативно-правового, технічного та організаційного забезпечення до європейських стандартів. Формування єдиного транспортного простору між Україною та країнами ЄС потребує гармонізації законодавства, імплементації міжнародних угод, адаптації технічних регламентів та впровадження сучасних систем управління залізничними перевезеннями [1].

Нормативно-правові засади інтеграції українського залізничного транспорту до європейської транспортної системи базуються на міжнародних договорах, європейській транспортній політиці, національному транспортному законодавстві та технічних стандартах, що регламентують функціонування залізничної інфраструктури, безпеку руху та організацію міжнародних перевезень.

Однією з головних умов інтеграції українського залізничного транспорту до європейської системи є гармонізація національного транспортного законодавства із законодавством Європейського Союзу.

В Україні вже здійснюється поступова адаптація нормативно-правової бази відповідно до вимог ЄС. Основними напрямками гармонізації є:

- реформування системи управління залізничним транспортом;
- розвиток конкурентного ринку залізничних перевезень;
- удосконалення системи ліцензування транспортних операторів;
- адаптація вимог щодо безпеки руху;

- впровадження європейських технічних регламентів.

Важливим етапом реформування є поступова імплементація положень залізничних пакетів ЄС, які передбачають:

- відокремлення функцій управління інфраструктурою та перевізної діяльності;

- відкриття ринку залізничних перевезень;
- посилення конкуренції між операторами;
- підвищення прозорості тарифної політики;
- запровадження єдиних правил сертифікації.

Гармонізація законодавства також передбачає модернізацію системи державного управління транспортною галуззю, спрощення процедур міжнародних перевезень та цифровізацію документообігу.

Особливе значення в процесі інтеграції української залізниці до транспортної системи ЄС має впровадження європейських технічних стандартів, які забезпечують сумісність транспортної інфраструктури та рухомого складу [2].

Одними із найважливіших елементів європейської системи управління рухом є:

ERTMS (European Rail Traffic Management System) – єдина європейська система управління залізничним рухом, яка забезпечує стандартизацію сигналізації, диспетчерського контролю та безпеки перевезень. Основними складовими ERTMS є:

ETCS (European Train Control System) – система автоматичного контролю руху поїздів;

GSM-R – цифрова система залізничного радіозв'язку.

Однією з найбільших технічних проблем інтеграції України до транспортної системи ЄС є відмінність ширини залізничної колії. На території України використовується колія 1520 мм, тоді як у більшості країн Європейського Союзу – 1435 мм. Це створює необхідність перевантаження вантажів або заміни візків вагонів на прикордонних переходах, що збільшує час доставки та логістичні витрати.

Таким чином, нормативно-правове забезпечення інтеграції залізничного транспорту України до транспортної системи Європейського Союзу охоплює міжнародні договори, європейську транспортну політику, процес гармонізації законодавства та впровадження технічних стандартів інтероперабельності. Реалізація цих заходів є необхідною умовою для формування ефективної, безпечної та конкурентоспроможної транспортної системи України, здатної повноцінно інтегруватися до європейського транспортно-логістичного простору.

У процесі дослідження нормативно-правових засад інтеграції встановлено, що ключовими передумовами включення залізничного транспорту України до європейської транспортної системи є імплементація міжнародних угод, гармонізація національного законодавства з правом ЄС, адаптація до європейської транспортної політики та впровадження сучасних технічних стандартів інтероперабельності.

Разом із тим виявлено низку проблем, які стримують інтеграцію української залізничної системи до транспортного простору Європейського Союзу. До основних бар'єрів належать різна ширина залізничної колії, недостатній рівень модернізації інфраструктури, обмежена пропускна спроможність прикордонних переходів, потреба у значних інвестиційних ресурсах та необхідність реформування системи управління залізничним транспортом.

Отже, результати проведеного дослідження свідчать про те, що інтеграція залізничного транспорту України до системи європейських транспортно-логістичних коридорів є складним, але стратегічно важливим процесом, який відкриває значні можливості для розвитку міжнародних перевезень, зміцнення транзитного потенціалу держави, підвищення конкурентоспроможності транспортної галузі та забезпечення сталого економічного розвитку.

### **Список літератури**

1. АТ «Укрзалізниця». Стратегія розвитку залізничного транспорту України в умовах інтеграції до європейської транспортної мережі. Київ, 2024.
2. Європейська система управління залізничним рухом (ERTMS). European Union Agency for Railways. URL: <https://www.era.europa.eu>.

The authors of the XXI International Scientific and Practical Conference «The modern world and scientific research: challenges, forecasts, solutions» were representatives of the following educational institutions:

West Ukrainian National University; O. M. Beketov Kharkiv National University of Urban Economy; H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University; National University of Food Technologies; Azerbaijan State Oil and Industry University; National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”; Lviv Polytechnic National University; Educational and Scientific Institute of Computer Science and Artificial Intelligence; V. N. Karazin Kharkiv National University; Danylo Halytsky Lviv National Medical University; National Transport University; Sumy National Agrarian University; State Research Institute of Informatization and Economic Modeling; National University “Odesa Maritime Academy”; Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics; South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky; Kryvyi Rih State Pedagogical University; National University of Water and Environmental Engineering; Ivan Franko National University of Lviv; Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University; Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University; Military Institute of Telecommunications and Informatization named after the Heroes of Kruty; State University “Kyiv Aviation Institute”; National Academy of Management; Kharkiv National University of Internal Affairs; Vinnytsia Socio-Economic Institute of the University “Ukraine”; Zhytomyr Institute of the Interregional Academy of Personnel Management; Odesa National Economic University; Educational and Scientific Institute for Publishing and Printing; Astana Medical University; S. D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University; Karaganda Medical University; Kazakhstan-Russian Medical University; Al-Farabi Kazakh National University; O. O. Bogomolets National Medical University; Dnipro State Medical University; Department of Disaster and Military Medicine, Poltava State Medical University; Poltava State Medical University; Lyceum No. 13 “Uspikh” of the Poltava City Council; Shupyk National Healthcare University of Ukraine; Ukrainian State University of Science and Technologies; Konstantin Preslavsky University of Shumen; Odesa I. I. Mechnikov National University; Dnipro Humanitarian University; Uzhhorod National University; Ivano-Frankivsk Branch of the University “Ukraine”; Ukrainian State University of Railway Transport and others.

# THE MODERN WORLD AND SCIENTIFIC RESEARCH: CHALLENGES, FORECASTS, SOLUTIONS

Scientific publications

Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference  
«The modern world and scientific research: challenges, forecasts, solutions»,  
Hamburg, Germany. 282 p.  
(May 26-29, 2026)

UDC 01.1

ISBN – 979-8-90383-422-8

DOI – 10.46299/ISG.2026.1.21

Text Copyright © 2026 by the International Science Group (isg-konf.com).

Illustrations © 2026 by the International Science Group.

Cover design: International Science Group (isg-konf.com)©

Cover art: International Science Group (isg-konf.com)©

All rights reserved. Printed in the United States of America.

No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required. Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

The recommended citation for this publication is: Ayralova T., Mədiyeva N. Synthesis of multifunctional additives for diesel fuel based on glycerin. Proceedings of the XXI International Scientific and Practical Conference. Hamburg, Germany. 2026. Pp. 27-35  
URL: <https://isg-konf.com/the-modern-world-and-scientific-research-challenges-forecasts-solutions/>