eoss-conf.com

ISSUE
№102

EUROPEAN OPEN SCIENCE SPACE

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

9TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE

# MODERN PERSPECTIVES ON GLOBAL SCIENTIFIC SOLUTIONS

AUGUST 24-26, 2026, BERGEN, NORWAY

EUROPEAN OPEN SCIENCE SPACE

Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference

# "Modern Perspectives on Global Scientific Solutions"

August 24-26, 2026

Bergen, Norway

## Collection of Scientific Papers

Norway, 2026

UDC 01.1

Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference «Modern Perspectives on Global Scientific Solutions» (August 24-26, 2026, Bergen, Norway). European Open Science Space. 2026.

ISBN 979-8-89704-959-2 (series)
DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026

The conference is included in the Academic Research Index ReserchBib International catalog of scientific conferences.

The conference is registered in the database of scientific and technical events of UkrISTEI to be held on the territory of Ukraine (Certificate №556 dated 28.07.2026).

The materials of the conference are publicly available under the terms of the CC BY-NC 4.0 International license.

The materials of the collection are presented in the author's edition and printed in the original language. The authors of the published materials bear full responsibility for the authenticity of the given facts, proper names, geographical names, quotations, economic and statistical data, industry terminology, and other information.

**ISBN 979-8-89704-959-2**

EUROPEAN OPEN SCIENCE SPACE

© Participants of the conference, 2026
© Collection of scientific papers, 2026
© European Open Science Space, 2026

# CONTENT

**Section: Accounting and Taxation**

***Романькова О.М.***
МІНІМАЛЬНА ЗАРОБІТНА ПЛАТА ЯК БАЗОВИЙ СОЦІАЛЬНИЙ СТАНДАРТ: АНАЛІЗ ТРАНСФОРМАЦІЙ ТА ФІСКАЛЬНОГО ВПЛИВУ В УКРАЇНІ…….. 10

**Section: Agricultural Sciences**

***Осіпов М.***
ЕКОЛОГІЧНА ПЛАСТИЧНІСТЬ ТА СТАБІЛЬНІСТЬ ВИДІВ РОДУ HYDRANGEA L. В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ……... 14

**Section: Art History and Literature**

***Sherbon F., Sherbon O.***
EXPLORING THE THEME OF FAMILY RELATIONSHIPS IN HLAZOVYI'S HUMOROUS PIECE «THE HEAD AND THE NECK» DURING CLASSES WITH PROSPECTIVE STUDENTS…..…… 16

**Section: Chemistry**

***Hacıyeva A.B.***
QUANİDİN VƏ ONUN TÖRƏMƏLƏRİ İŞTİRAK ETDİKDƏ MOLİBDENİN 2-HİDROKSİ-5-XLORTİOFENOLLA SPEKTROFOTOMETRİK TƏYİNİ…….. 20

**Section: Ecology and environmental protection**

***Balakhanova G.V.***
BIODIVERSITY MANAGEMENT AND RESTORATION IN FRAGMENTED ECOSYSTEMS…….. 26

***Balakhanova G.V.***
MODERN ECOLOGICAL MANAGEMENT ASPECTS OF THE CONSERVATION OF RARE AND ENDANGERED SPECIES…… 40

**Section: Economy**

***Федотова Т.***
ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ РИНКУ ПРАЦІ…….. 55

***Фімяр С., Довгань В., Блакита В.***
КРИПТОВАЛЮТИ У СКЛАДІ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОРТФЕЛЯ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ, РИЗИКИ ТА МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД…….. 57

***Derhaliuk M.***
DIGITAL SYNCHRONIZATION OF THE CIRCULAR TRANSITION IN UKRAINE……. 63

***Урбан В.А.***
ВИРОБНИЦТВО, РОЗПОДІЛ, ОБМІН І СПОЖИВАННЯ ЯК ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНІ ЕЛЕМЕНТИ ЕКОНОМІЧНОГО КРУГООБІГУ 67

***Korol K.***
ECOSYSTEM MODELS FOR THE INTERNATIONAL EXPANSION OF BEAUTY BRANDS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND EXPERT COMMUNITIES…… 70

**Section: Finance and Banking**

***Krylova O., Romanishyna Yu.***
CYBERSECURITY OF PAYMENT INFRASTRUCTURE IN THE CONTEXT OF HYBRID WARFARE…….. 74

***Круш В.***
ВПЛИВ ІННОВАЦІЙНИХ ФІНАНСОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА КАПІТАЛІЗАЦІЮ СУБ'ЄКТІВ МАЛОГО БІЗНЕСУ…….. 78

***Урбан В.А.***
ІНВЕСТИЦІЙНІ ПОРТФЕЛІ: ТИПИ, СТРУКТУРА ТА ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ……... 83

**Section: Information Technology, Cyber Security and Computer Engineering**

***Моторнюк С.***
ЕТИКА І ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ У ВИКОРИСТАННІ ШІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВІДКРИТИХ ДАНИХ: РИЗИКИ УПЕРЕДЖЕНОСТІ ТА МЕХАНІЗМИ ВІДПОВІДАЛЬНОГО ВРЯДУВАННЯ ДАНИМИ…….. 88

***Фещенко Р.Д., Вітвіцька К.Е., Калякін С.В.***
ПРОТИДІЯ СОЦІАЛЬНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ В МЕССЕНДЖЕРАХ ЯК СКЛАДОВА КІБЕРГІГІЄНИ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ…….. 95

***Оперчук Н., Чередник Д.***
ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ МОДЕРНІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ ХІМІЇ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТИ……. 97

***Олянін Д., Цуприк Г.Б.***
МЕТОД САМОРОЗМІТКИ РЕЗЮМЕ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ІМЕНОВАНИХ СУТНОСТЕЙ НА ОСНОВІ ТРАНСФОРМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ПСЕВДОМІТОК, ЗГЕНЕРОВАНИХ ВЕЛИКИМИ МОВНИМИ МОДЕЛЯМИ…….. 100

***Kalashnyk V., Melnyk G.***
VERIFYING THE IDEMPOTENCY OF REST API OPERATIONS UNDER REQUEST RETRIES AFTER CLIENT-SIDE TIMEOUTS…….. 105

***Шишкін М.С.***
РИЗИК-ОРІЄНТОВАНЕ ВБУДОВУВАННЯ DEVSECOPS-КОНТРОЛІВ У SCRUM-СПРИНТ……. 110

**Section: International Relations**

***Карпунь Н.А.***
ЄДИНИМИ БЕНЕФІЦІАРАМИ ГЛОБАЛІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ Є ЛИШЕ КРАЇНИ З ВИСОКИМ РІВНЕМ РОЗВИТКУ?…… 115

**Section: Journalism**

***Суханов А.О.***
МОБІЛЬНА ЖУРНАЛІСТИКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПЕРАТИВНОГО НОВИННОГО ВИРОБНИЦТВА: МОЖЛИВОСТІ ТА ПРОФЕСІЙНІ ОБМЕЖЕННЯ…….. 118

**Section: Jurisprudence**

***Шамара О., Комашко В., Чаловaн В.***
НАУКОВА ДИСКУСІЯ ЩОДО ОКРЕМИХ ПОЛОЖЕНЬ ПРОЕКТУ ЗАКОНУ №11228-1 ВІД 10.05.2024: ЛОБІЗМ ЧИ НАУКОВИЙ (ЮРИДИЧНИЙ) ПІДХІД…… 123

***Урбан В.А.***
ЕЛЕКТРОННІ ДОКАЗИ У ЦИВІЛЬНОМУ СУДОЧИНСТВІ УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ ДОПУСТИМОСТІ ТА ОЦІНКИ…….. 130

***Іванісов Р.***
ПРИНЦИП ДОБРОПОРЯДНОСТІ (BONI MORES) В ОНОВЛЕНОМУ ЦИВІЛЬНОМУ ЗАКОНОДАВСТВІ УКРАЇНИ…… 133

***Сирота О.***
ОЦІНКА ВАРТОСТІ СИСТЕМ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГІЇ (ДОМАШНІХ ІНВЕРТОРІВ ТА АКУМУЛЯТОРІВ) ПІСЛЯ ТРИВАЛИХ ЦИКЛІВ НЕНОРМОВАНОГО НАВАНТАЖЕННЯ…….. 136

**Section: Management, Public Administration and Administration**

***Карташов А.***
ДОСЛІДНИЦЬКИЙ ЦЕНТР НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИМИРЕННЯ СЛОВЕНІЇ ЯК ІНСТИТУЦІЯ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОЛІТИКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПАМ'ЯТІ……. 141

***Цебро Я., Чертодуб В.***
ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ У ФЕРМЕРСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ……... 143

***Тесля А.М., Мосій О.Б.***
ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК КАТАЛІЗАТОР ДИНАМІЧНИХ ЗДІБНОСТЕЙ У СТРАТЕГІЧНОМУ УХВАЛЕННІ РІШЕНЬ УКРАЇНСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ……... 146

**Section: Mechanics and Electrical Engineering**

***Gorbatyuk Ie., Makarchuk O., Horbatyuk M.***
RESEARCH OF ANALYTICAL MODELS IN DEVELOPING THE STABILITY OF TOWER CRANES WITH ELECTROMECHANICAL DRIVES……. 149

**Section: Medicine**

***Ivanenko M., Sorochan P., Kuzmenko O., Ivanenko I.***
ASSOCIATION OF THE SIRI WITH HEMOSTATIC PARAMETERS AFTER RADIOFREQUENCY ABLATION OF COLORECTAL CANCER LIVER METASTASES…… 153

***Romanyuk O.N., Solomonchuk A.V.***
USE OF NEUROHEADSETS IN THE DIAGNOSTICS OF CARDIOVASCULAR DISEASES…….. 156

***Khodorovska A.***
MORPHOGENESIS AND HISTOGENESIS OF THE HUMAN THYROID GLAND DURING PRENATAL ONTOGENY……. 165

***Khodorovska A.***
MORPHOGENESIS OF THE HUMAN PULMONARY VASCULAR SYSTEM DURING THE PRENATAL PERIOD OF ONTOGENESIS (Literature Review)…… 169

***Анохіна С., Анохіна А.***
МОЛЕКУЛЯРНО-КЛІТИННІ МЕХАНІЗМИ КОНСОЛІДАЦІЇ ПАМ'ЯТІ В ГІПОКАМПІ (ОГЛЯДОВА)…….. 173

***Chernikova H.***
COMBINING HISTOLOGY, IMMUNOHISTOCHEMISTRY, AND DIGITAL MORPHOMETRY IN THE STUDY OF ORGANOGENESIS... 180

***Chernikova H.***
EARLY MORPHOGENESIS OF THE BRONCHIAL TREE AND PULMONARY VASCULATURE IN HUMANS…… 184

***Chernikova H.***
MORPHOGENESIS OF THE ALVEOLAR COMPARTMENT OF THE HUMAN LUNG DURING THE PRENATAL PERIOD OF ONTOGENESIS (LITERATURE REVIEW)…… 188

**Section: Military affairs and national security**

***Гальченко С., Іващенко Є.В., Свечков О.Л.***
ТЕХНОЛОГІЯ МОБІЛЬНИХ БЕЗПРОВОДНИХ МЕРЕЖ MANET: ПРИНЦИПИ ФУКЦІОЕУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ... 192

**Section: Pedagogy, Philology and Linguistics**

***Musayeva G.A.***
THE USE OF PHYSICAL AND ASTRONOMICAL VIEWS IN NASIRADDIN TUSI'S WORKS IN MODERN TEACHING…….. 196

***Jalilova S.Kh.***
PROBLEM-BASED LEARNING AS AN EFFECTIVE METHOD OF TEACHING PHYSICS…….. 198

***Хмелькова О.***
ОСОБЛИВОСТІ МОТИВАЦІЇ ТА ВЗАЄМОДІЇ НАЙМОЛОДШИХ ПРАЦІВНИКІВ З ІНШИМИ ПОКОЛІННЯМИ…… 202

***Бах І.***
МНЕМОТЕХНІЧНІ ПРИЙОМИ У НАВЧАННІ ОСНОВ ГРАМОТИ ДІТЕЙ СТАРШОГО ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ…… 208

***Гілевич А.В., Боришполець Ю.В.***
МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ЯПОНСЬКОЇ МОВИ В УМОВАХ ВІДДАЛЕНОГО ТА КРИЗОВОГО НАВЧАННЯ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ УКРАЇНСЬКОГО, ЯПОНСЬКОГО ТА ІНДОНЕЗІЙСЬКОГО ДОСВІДУ…….. 212

***Məmmədov B.C.***
XIV ƏSR AZƏRBAYCAN ŞAİRİ İMADƏDDİN NƏSİMİNİN POETİK MƏTNLƏRİNDƏ VELYAR “Ɒ” SAMİTİNİN İŞLƏNMƏ İMKANLARI 218

***Велибекова Р.Дж.***
ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ИДЕИ В НАСЛЕДИИ НИЗАМИ ГЯНДЖЕВИ... 229

**Section: Physical and mathematical sciences**

***Cəlilova R.Q.***
IX SİNİF ŞAGİRDLƏRİNƏ PHYTON MÜHİTİNDƏ PROQRAMLAŞDIRMANIN ÖYRƏDİLMƏSİ METODİKASI……. 239

***Vidmachenko A.P.***
MAIN ASTRONOMICAL, ORBITAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF NEPTUNE'S MOON TRITON……. 245

**Section: Politics and Sociology**

***Урбан В.А.***
КРИЗА ПОЛІТИЧНОЇ ДОВІРИ В СУЧАСНОМУ СУСПІЛЬСТВІ: ПРИЧИНИ, ФОРМИ ПРОЯВУ ТА НАСЛІДКИ…….. 256

**Section: Psychology**

***Polishchuk-Rusina L., Blinov O.A.***
REDUCING ANXIETY AMONG UKRAINIAN DISPLACED PERSONS THROUGH ISOTHERAPY…… 261

**Section: Technical Sciences**

***Бенедицький В.Б.***
МЕТОД ЛОГАРИФМІЧНО-ФАЗОВОГО АНАЛІЗУ ГЕНЕРАТОРА ЧУА…… 268

***Karutskyi A.***
INFLUENCE OF VIBROPRILLER BASKET GEOMETRY ON DROPLET AND PRILL TRAJECTORIES IN A PRILL TOWER…….. 275

***Пугач І., Харченко В., Пугач І.***
СЦЕНАРНО-БАР'ЄРНИЙ АЛГОРИТМ РЕКОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ НАДЗВИЧАЙНОЇ ПОДІЇ У СУДОВІЙ ГІРНИЧОТЕХНІЧНІЙ ЕКСПЕРТИЗІ…… 278

**Section: Veterinary Medicine**

***Мартинишин В.П.***
ГІСТОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ШКІРИ МУРЧАКІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПРОТИГРИБКОВОГО КРЕМУ «VM-1 14%» З 4-((3,4-ДИМЕТОКСИБЕНЗИЛІДЕН)АМІНО)-5-(2-ФЛЮОРОФЕНІЛ)-4Н-1,2,4-ТРИАЗОЛ-3-ТІОЛОМ…… 291

## Section: Accounting and Taxation

# МІНІМАЛЬНА ЗАРОБІТНА ПЛАТА ЯК БАЗОВИЙ СОЦІАЛЬНИЙ СТАНДАРТ: АНАЛІЗ ТРАНСФОРМАЦІЙ ТА ФІСКАЛЬНОГО ВПЛИВУ В УКРАЇНІ

**Романькова Оксана Миколаївна**
к.х.н., доцент
Кафедра фінансів, обліку та бізнесу
Донбаська державна машинобудівна академія, Україна

**Анотація:** у роботі проведено аналіз динаміки мінімальної заробітної плати в Україні за період 2020–2026 років як базового державного соціального стандарту та інструменту фіскальної політики. Оцінено вплив соціальних стандартів на рівень податкового навантаження, систему штрафних санкцій в умовах макроекономічної нестабільності.

**Ключові слова:** мінімальна заробітна плата, погодинний розмір заробітної плати, нормативна база, податкове навантаження, макрофінансова стійкість.

**Актуальність теми** дослідження зумовлена роллю мінімальної заробітної плати (МЗП) як ключового державного соціального стандарту, що безпосередньо впливає на рівень життя населення, обсяги надходжень до бюджету через податкові механізми та стабільність макроекономічних показників. В умовах воєнного стану та обмежених бюджетних ресурсів аналіз динаміки цього показника набуває стратегічного значення, оскільки він є базою для розрахунку єдиного соціального внеску, лімітів для фізичних осіб-підприємців та штрафних санкцій за порушення трудового законодавства.

**Метою роботи** є проведення аналізу динаміки змін розміру мінімальної заробітної плати в Україні протягом 2020–2026 років, а також систематизація нормативно-правового забезпечення цих змін.

Мінімальна заробітна плата в Україні є фундаментальним державним соціальним стандартом та ключовим фіскальним інструментом. Її розмір безпосередньо впливає на розрахунок фонду оплати праці, податкове навантаження (зокрема ЄСВ та ПДФО), операційні ліміти для малого бізнесу (ФОП) та обсяг соціальних виплат.

Протягом 2020–2026 років державна політика щодо МЗП демонструє адаптивність до кризових умов. Регулювання здійснювалося на основі щорічних законів про Державний бюджет, що відображали економічні пріоритети країни - від стимулювання споживчого попиту до жорсткої фіскальної консолідації в умовах війни.

Динаміка розміру мінімальної заробітної плати за період з 2020 року по 2026 рік наведена в таблиці 1 та рисунку 1.

Таблиця 1 – Розмір мінімальної заробітної плати за період з 2020 року по 2026 рік

| Період дії | Місячний розмір, грн | Погодинний розмір, грн | Нормативна база |
|---|---|---|---|
| 01.01.2020 – 31.08.2020 | 4723,00 | 28,31 | Закон № 294-IX [1] |
| 01.09.2020 – 31.12.2020 | 5000,00 | 29,20 | Закон № 822-IX [2] |
| 01.01.2021 – 30.11.2021 | 6000,00 | 36,11 | Закон № 1082-IX [3] |
| 01.12.2021 – 30.09.2022 | 6500,00 | 39,26 | Закон № 1082-IX [3] |
| 01.10.2022 – 31.12.2023 | 6700,00 | 40,46 | Закон № 1928-IX [4], Закон № 2710-IX [5] |
| 01.01.2024 – 31.03.2024 | 7100,00 | 42,60 | Закон № 3460-IX [6] |
| 01.04.2024 – 31.12.2025 | 8000,00 | 48,00 | Закон № 3460-IX [6], Закон № 4059-IX [7] |
| 01.01.2026 – 31.12.2026 | 8647,00 | 52,00 | Закон № 4695-IX [8] |

Рисунок 1 – Динаміка зростання мінімальної заробітної плати (2020-2026 рр.)*
*Побудовано за допомогою ШІ

На основі систематизованих даних про мінімальну заробітну плату в Україні протягом 2020–2026 років можна зробити наступні висновки:

1. Загальна тенденція до суттєвого зростання соціальних стандартів. За період 2020–2026 рр. встановлений розмір мінімальної зарплати збільшився з 4723,00 грн до 8647,00 грн, що становить 83,1%. Це свідчить про намагання держави поступово адаптувати доходи населення до інфляційних процесів та макроекономічних змін.

2. Вплив воєнної агресії на стагнацію виплат. У 2023 та 2025 роках спостерігаються періоди «замороження» МЗП. Зокрема, у 2025 році рішення залишити показник на рівні 8000,00 грн зумовлене обмеженими бюджетними ресурсами, необхідністю пріоритетного фінансування оборонного сектору та

вимогами міжнародних партнерів щодо стримування соціальних витрат задля фінансової стабільності.

3. Стрибкоподібне відновлення у 2024 році. Після 2023 року стагнації у 2024 році відбулося різке двоетапне підвищення МЗП – з 6700,00 грн до 7100,00 грн, з подальшим її збільшенням до 8000,00 грн. Це було важливим кроком для підтримки купівельної спроможності громадян та збільшення надходжень до бюджету через податкові механізми (ЄСВ та ПДФО).

4. Синхронне зростання погодинної оплати. Мінімальна погодинна ставка зросла майже вдвічі: з 28,31 грн у 2020 році до прогнозованих 52,00 грн у 2026 році. Це забезпечує мінімальні державні гарантії для працівників із гнучкими графіками роботи.

5. Посилення фіскального навантаження на бізнес. Зростання МЗП автоматично збільшує фінансовий тиск на роботодавців:

– зростання податків: мінімальний розмір ЄСВ, який у 2024 році становить 1760,00 грн (22% від 8000,00 грн), у 2026 році збільшився до 1902,34 грн (22% від 8647,00 грн);

– реальні доходи після відрахування ПДФО та ВЗ. З огляду на зростання Військового збору з 1,5% до 5% (запровадженого наприкінці 2024 року), структура виплат змінюється. У 2025 році при МЗП 8000,00 грн працівник отримував заробітну плату 6160,00 грн. У 2026 році при МЗП 8647,00 грн сума становитиме 6658,19 грн (після відрахування 18% ПДФО та 5% ВЗ).

6. Збільшення штрафів: суми санкцій за порушення трудового законодавства (наприклад, за неоформленого працівника) зросли з 47230,00 грн у 2020 році до 86470,00 грн у 2026 році (10 мінімальних заробітних плат) за перше порушення. У разі повторного порушення протягом двох років сума зростає до **259410,00 грн** (30 мінімальних заробітних плат).

7. 2026 рік як індикатор стабілізації. Встановлення показника на рівні 8647,00 грн з 1 січня 2026 року без подальших етапів підвищення протягом року свідчить про перехід до моделі стабільного податкового планування.

Отже, державна політика 2020-2026 років демонструє складний баланс між необхідністю соціального захисту громадян та критичними обмеженнями воєнного бюджету, де періоди активного зростання чергуються з вимушеною фіксацією показників для забезпечення макрофінансової стійкості.

## Список використаних джерел

1. Закон України «Про Державний бюджет України на 2020 рік», № 294-IX від 14.11.2019 зі змінами і доповненнями. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/294-20#Text
2. Закон України Про внесення змін до Закону України «Про Державний бюджет України на 2020 рік», № 822-IX від 25.08.2020. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/822-20#Text

3. Закон України «Про Державний бюджет України на 2021 рік», № 1082-IX від 15.12.2020 зі змінами і доповненнями. URL:. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1082-20#Text
4. Закон України «Про Державний бюджет України на 2022 рік», № 1928-IX від 02.12.2021 зі змінами і доповненнями. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1928-20#Text
5. Закон України «Про Державний бюджет України на 2023 рік», № 2710-IX від 03.11.2022 зі змінами і доповненнями. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2710-20#Text
6. Закон України «Про Державний бюджет України на 2024 рік», № 3460-IX від 09.11.2023 зі змінами і доповненнями. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3460-20#Text
7. Закон України «Про Державний бюджет України на 2025 рік», № 4059-IX від 19.11.2024 зі змінами і доповненнями. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4059-IX#top
8. Закон № України «Про Державний бюджет України на 2026 рік», № 4695-IX від 03.12.2025 зі змінами і доповненнями. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4695-20#Text

## Section: Agricultural Sciences

# ЕКОЛОГІЧНА ПЛАСТИЧНІСТЬ ТА СТАБІЛЬНІСТЬ ВИДІВ РОДУ HYDRANGEA L. В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

**Осіпов Михайло**
к. с.-г. н., доцент

Упродовж онтогенезу рослини зазнають впливу численних біотичних і абіотичних чинників, які можуть обмежувати їх ріст, розвиток та репродуктивну здатність. Для підтримання життєдіяльності вони формують комплекс адаптивних реакцій на клітинному, молекулярному, фізіологічному та морфологічному рівнях, що забезпечує підвищення їх стійкості до несприятливих умов середовища.

Сучасні кліматичні зміни, зумовлені глобальним потеплінням, супроводжуються коливаннями температурного режиму та режиму зволоження, що впливає на ріст, розвиток і фенотиповий прояв рослин. У зв'язку з цим оцінка екологічної пластичності та стабільності видів і сортів є важливою передумовою добору вихідного матеріалу для селекції форм із підвищеною морозо- та посухостійкістю.

Пластичність і стабільність видів роду Hydrangea L. оцінювали за тривалістю періоду цвітіння. Аналіз тривалості періоду цвітіння показав, що досліджувані види та сорти роду Hydrangea L. характеризувалися істотними відмінностями за показником цвітіння. Найкоротший період цвітіння відзначено у сортів H. macrophylla 'Nikko Blue' та 'Forever and Ever' — у середньому 87,5–88,8 доби, тоді як найдовше цвіли сорти H. paniculata 'Grandiflora' та 'Diamant Rouge' — 119,5–121,8 доби. Упродовж 2021–2024 рр. спостерігалася тенденція до збільшення тривалості цвітіння у всіх досліджуваних таксонах.

Встановлено, що більшість досліджених генотипів характеризується високою екологічною пластичністю, яка проявляється подовженням періоду цвітіння за сприятливих умов вологозабезпечення та температурного режиму.

До групи генотипів з сильною реакцією на зміну умов вирощування належали H. arborescens 'Annabelle', H. arborescens 'Arborescens', H. paniculata 'Grandiflora', H. paniculata 'Diamant Rouge' та H. quercifolia 'Alice', у яких коефіцієнт пластичності становив bi >1. Водночас генотипи H. macrophylla 'Nikko Blue' та 'Forever and Ever' характеризувалися нижчою чутливістю до зміни умов вирощування, оскільки значення коефіцієнта пластичності були меншими за одиницю (bi < 1).

За комплексною оцінкою коефіцієнта пластичності та варіанси стабільності до першої групи віднесено H. macrophylla 'Nikko Blue' та 'Forever and Ever' (bi < 1; $Si^2 > 0$). Вони характеризувалися характеризуються кращим результатами зміни ознаки «термін цвітіння – достигання» у несприятливих умовах.

До другої групи за показниками пластичності та стабільності віднесено H. arborescens 'Annabelle', H. arborescens 'Arborescens', H. paniculata 'Grandiflora', H. paniculata 'Diamant Rouge' та H. quercifolia 'Alice', для яких встановлено коефіцієнт пластичності bi > 1 та варіансу стабільності $Si^2 > 0$. Такі генотипи характеризувалися підвищеною реакцією на покращення умов вирощування та забезпечували кращий прояв ознаки «термін цвітіння – достигання» за сприятливих умов середовища. При цьому всі досліджені генотипи мали високий рівень стабільності, значення якого варіювали в межах 21,75–66,74.

Отже, за показниками екологічної пластичності та стабільності сорти H. macrophylla 'Nikko Blue' і 'Forever and Ever' характеризувалися кращою адаптивною реакцією за несприятливих умов, тоді як H. arborescens 'Annabelle' і 'Arborescens', H. paniculata 'Grandiflora' та 'Diamant Rouge' ефективніше реалізовували свій потенціал у сприятливому середовищі. Незважаючи на відмінності у пластичності, усі досліджені генотипи відзначалися достатньо високою стабільністю прояву ознаки, про що свідчать значення показника Sd у межах 21,75–66,74.

## Список використаних джерел

1. Dixit, S., Sivalingam, P.N., Baskaran, R.M., Senthil-Kumar, M., & Ghosh, P.K. (2024). Plant responses to concurrent abiotic and biotic stress: Unravelling physiological and morphological mechanisms. Plant Physiol., 29, 6–17. https://doi.org/10.1007/s40502-023-00766-0
2. Lahlali, R., Laasli, S. E., & Ait Barka, E. (2025). Plant responses to biotic and abiotic stresses: From cellular to morphological changes—Series II. Agronomy, 15 (1), 229. https://doi.org/10.3390/agronomy15010229
3. Martinez-Lorente, S.E., Marti-Guillen, J.M., Pedreno, M.A., Almagro, L., & Sabater-Jara, A.B. (2024). Higher Plant-Derived Biostimulants: Mechanisms of Action and Their Role in Mitigating Plant Abiotic Stress. Antioxidants, 13, 318. https://doi.org/10.3390/antiox13030318
4. Janni, M., Maestri, E., Gulli, M., Marmiroli, M., & Marmiroli, N. (2024). Plant responses to climate change, how global warming may impact on food security: a critical review. Frontiers in plant science, 14, 1297569. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1297569
5. Kumar, L. Chhogyel, N. Gopalakrishnan, T. Hasan, M. K. Jayasinghe, S. L. & Kariyawasam, C. S. (2022). Chapter 4 - Climate change and future of agri-food production. Future foods, 49–79. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91001-9.00009-8
6. Zhou, Y., Xu, F., Shao, Y., & He, J. (2022). Regulatory mechanisms of heat stress response and thermo morphogenesis in plants. Plants, 11, 3410. https://doi.org/10.3390/plants11243410

## Section: Art History and Literature

# EXPLORING THE THEME OF FAMILY RELATIONSHIPS IN HLAZOVYI'S HUMOROUS PIECE «THE HEAD AND THE NECK» DURING CLASSES WITH PROSPECTIVE STUDENTS

**Sherbon Fedir**
Senior Lecturer of Acting
Drama Directing Department
I.K. Karpenko – Karyi National University of
Theatre, Cinema and Television, Kyiv, Ukraine.
Member of the National Union of
Theatre Artists, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0009-0004-4971-3340
**Sherbon Olena**
Senior Lecturer,
General and Specialized Piano Department
National Music Academy of Ukraine, Kyiv
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-6539-005X

**ABSTRACT.** In this article, we examine the age-old, contentious question of family dynamics: who is the head of the household—the husband or the wife? We also offer recommendations for performing the humorous piece during classes with prospective students and provide guidance on achieving an authentic portrayal of the material.

**KEYWORDS.** Proposed circumstances, family, event, action, truthful existence, musical coloring.

The history of theater encompasses many themes that remain relevant and in demand across all eras. Here, we are addressing the subject of marriage and the relationship between a man and a woman. In an age of global shifts in societal values, a fundamental re-evaluation of gender roles, and the rapid transformation of the roles played by men and women, family relationships constitute a crucial topic for establishing «reference points» and charting potential paths into the future.

We view the topic described above as a potential direction when selecting material for admission to a theater university. Older applicants are capable of authentically revealing the nuanced reality of a husband and wife's life within a dramatic work.

The modern world actively fosters the development of young people, enabling them to discuss topics related to family psychology. Their engagement with the subject of family is organic, conscious, and authentic.

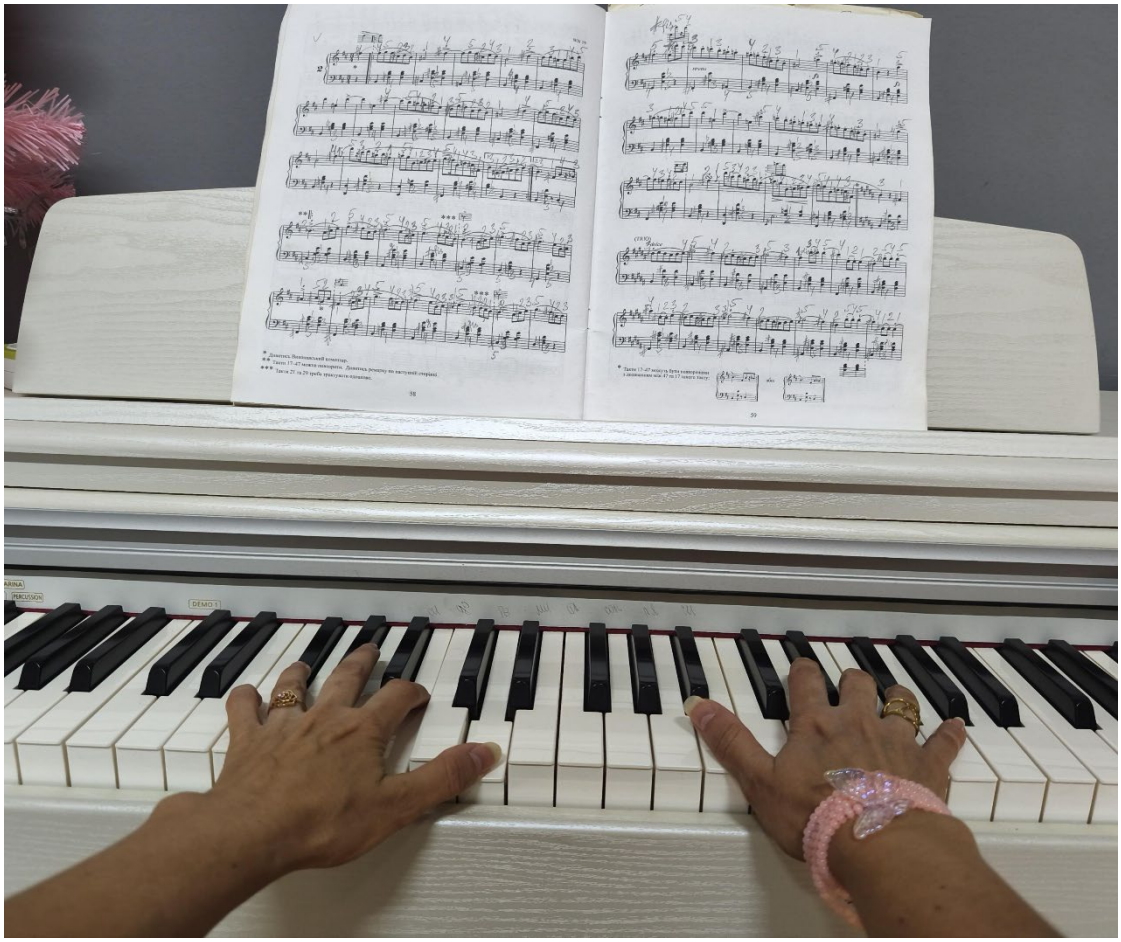
We invite you to take a brief look back at the history of relationships. Both men and women undoubtedly went through a «childhood stage» during which the

foundation for their attitudes toward the opposite sex was laid. The example set by their mother and father played a pivotal role in this process; by observing their parents, children subconsciously adopted their behavioral patterns.

Concepts of masculinity and femininity, the drive to achieve victory, the capacity to stand up for someone nearby, and the ability to accept help are all shaped by observing the behavioral models of one's own parents. Undoubtedly, the theory regarding the intergenerational transmission of emotional and informational legacies has been substantiated by the research of numerous scholars. In particular, studies on «emotional trauma» indicate that such trauma can persist in the collective memory of generations and influence the behavioral patterns of people today.

We recommend viewing the Bible as a treasury that encapsulates the experience of relationships within various social structures and socioeconomic interactions—and, most importantly, as the fundamental cornerstone of a psychophysical behavioral model of existence. Through the analysis of the countless examples it offers, we can learn how to set the right priorities, avoid irreversible mistakes, and improve our personal conduct for the sake of a happy future [2].

Our search for authors who explore family dynamics led us to the creative works of Pavlo Hlazovyi. The authentic characters in Hlazovyi's humorous sketches seem to live right alongside us; at times, it feels as though you personally know the character or the family being portrayed. The «truthfulness» of these characters makes the verse material easy to internalize. Hlazovyi's sketches tell their own stories, yet the aspiring actor's task remains the same: to believe in the given circumstances, to «make them personal», and, of course, to act within them until the final objective is achieved. The sketch «The Head and the Neck» explores the theme of the «dominant role» within the family—an age-old subject. The author asserts that a strong family can be built only through wise mutual respect.

To help applicants better immerse themselves in the «given circumstances», we recommend using Chopin's «Waltz h- moll» (WN19) as background music during the acting exam. This slow, poetic music perfectly captures the mood of the humorous sketch and helps the applicant convey the atmosphere of Hlazovyi's work to the admissions committee. The recurring, ascending melodic phrases in Chopin's composition seem to «persuade» the woman to respect her husband and willingly yield the leading role to him [1, 2, 3].

Since 2008, the author of this article has taught acting skills every spring to prospective students preparing for admission to the Karpenko-Karyi Kyiv National University of Theatre, Cinema and Television. Since 1998, the co-author has studied Chopin's waltzes with students from the National Music Academy of Ukraine and performed them at concerts and departmental examinations. Consequently, we possess extensive, long-standing experience in meaningfully combining these musical and poetic miniatures.

At the end of the article, in our list of sources, we provide links to the humorous sketch and the waltz [4–8].

**Reference**

1. Glazovui P. Gumoresku. Ababagalamaga.2007. P.212 [ in Ukrainian]
2. Bible. Kyiv, 2020, P. 1108-1109, 1146. [in Ukrainian]
3. Desiatnuk. G., Lumar L. Pidgotovka do ekranoi robotu. Kyiv,2020,108 P. [in Ukrainian]
4. Chopin F. Valtz h-moll.op 69,2. 2012. https://youtu.be/xx6-LfqOG0Q?si=uM6m0wwE-65LlWxE
5. Sherbon O. About me. 2021. https://youtu.be/Dy6xagy_ZpQ?si=F43u8XVZDJ1Tisuc
6. Sherbon F. About my work. 2025. https://youtu.be/eJfDKkIGISU?si=FsB-wtbcWx8pJCR7
7. Sherbon F. About my professional activities. 2026. https://youtu.be/v2QhT3NacG0?si=1O3ieuRpm0hPOtRN
8. Sherbon O., Sherbon F. Gumoreska Glazovogo « Goliva ta shuia».2026. https://youtu.be/uQr_3iKZQYY?si=yj_kOCW3t4aKdfaw https://youtu.be/QecwHhwtmwo?si=hgKN6KiCqFfefOJL

## Section: Chemistry

# QUANİDİN VƏ ONUN TÖRƏMƏLƏRİ İŞTİRAK ETDİKDƏ MOLİBDENİN 2-HİDROKSİ-5-XLORTİOFENOLLA SPEKTROFOTOMETRİK TƏYİNİ

**Hacıyeva Afət Bəhram**
k.ü.f.d.,b/m
Kimya və Biologiya fakültəsi.Ümumi kimya və KTT kafedrası.,
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitet, Azərbaycan

**Xülasə:** Molibdenin 2-hidroksi-5-xlortiofenol və hidrofob amin quanidin, difenilquanidin və trifenilquanidin iştirak etdikdə və iştirak etmədikdə kompleks əmələgəlmə və ekstraksiyasının optimal şəraiti spektrofotometrik müəyyən edilmişdir. Məlum olmuşdur ki, eyniliqandlı kompleksin əmələ gəlməsi pH 6.8–7.8 (ε=2.6·104, ƛ=500 nm), müxtəlifliqandlı komplekslərin əmələgəlməsi isə pH 4.5–5.6 [ε=(2.7–3.2)·104, ƛ=540–550 nm] intervalında baş verir. Bütün komplekslər qeyri polyar üzvi həlledicilərlə yaxşı ekstraksiya olunur.

**Açar sözlər**: molibden, xlortiofenol, hidrofob aminlər, quanidin, difenilquanidin, trifenilquanidin

Molibdenin 2-hidroksi-5-xlortiofenol (HBTF) və hidrofob aminlər (Am) – quanidin (Qu), difenilquanidin (DFQ) və trifenilquanidin (TFQ) iştirak etdikdə və iştirak etmədikdə kompleks əmələgəlmə və ekstraksiyasının optimal şəraiti spektrofotometrik tədqiq edilmişdir. Molibdenin təyini üçün tərkibində donor atom kimi oksigen və kükürd olan xelatəmələgətirici reagentlərdənistifadə edilir [1]. Əvvəllər biz üçüncü komponent – hidrofob amin iştirak etdikdə və iştirak etmədikdə molibdenin 2-hidroksi-5-bromtiofenolla kompleksəmələgəlmə reaksiyasını tədqiq etmişik [2, 3]. Hazırkı işdə halogentiofenolların törəməsindən 2-hidroksi-5-xlortiofenol tətbiq edilmişdir. Bəzi d-keçid elementlərinin, o cümlədən nikelin [4], titanın [5], vanadiumun [6] və baş-qalarının HBTF və hidrofob aminlərlə müxtəlifliqandlı kompleksləri (MLK) tədqiq edilmişdir.

Hazırkı işdə məqsəd molibdenin hidrofob amin iştirak etdikdə və etmədikdə HBTF ilə spektrofotometrik təyini metodunu işləmək olmuşdur.

**TƏCRÜBI HISSƏ**

**Cihazlar.** Rəngli ekstraktların işıqudmasının ölçülməsi КФК-2 (ℓ=0.5 sm) fotokolorimetrində və СФ-26 (l=1.0 см) spektrofotometrində aparılmışdır. Su fazada hidrogen ionunun qatılığı şüşə elektrodlu И.120.2 ionomeri vasitəsilə aparılmışdır. Bütün ölçmələr otaq temperaturunda aparılmışdır.

**Məhlullar və reagentlər**. 1 mq/ml molibdenin ana məhlulu ”k.t.” ammonium molibdat duzunu distillə suyunda həll edilməklə hazırlanmışdır. İşçi məhlul istifadə edilməmişdən bilavasitə əvvəl durulaşdırılmaqla hazırlanmışdır. Alınan məhlulun

standartlaşdırılması α-benzoinoksimlə qravimetrik yerinə yetirilmişdir [6, 7]. İşdə 0.01 M HBTF və 0.01 M Am-in xloroformda məhlulundan istifadə edilmişdir. HBTF hazır ki, iş çərçivəsində sintez edilmiş, təmizliyi ərimə temperaturuna və kağız üzərində xromatoqrafiya metodu ilə müəyyən edilmişdir [9]. Hesablanmış miqdar KCl daxil edilməklə məhlulun ion qüvvəsi sabit saxlanılmışdır (μ=0.1). Molibden komplekslərinin əmələ gəlməsi üçün optimal turşuluq 0.1 M HCl-dan istifadə edilməklə yaradılmışdır. Ekstragent kimi xloroformdan istifadə edilmişdir. Bütün istifadə edilən reagentlər ”k.t.” olmuşlar. **Metodika 1**. Ayrıcı qıfa 0.1 ml (0.1 mq/ml) molibden məhlulun yerləşdirilərək üzərinə 15 ml 0.1 M HCl və 2 ml 0.01 M HBTF əlavə edilir. Yaxşı qarışdırıldıqdan sonra üzvi fazaxloroformla 5 ml-ə, ümumi həcm isə distillə suyu ilə 25 ml-ə çatdırılmışdır. 5 dəq sonra ekstrakt su fazadan ayrılaraq optiki sıxlığı КФК-2 fotokolorimetrində 470 nm dalğa uzunluğunda ölçülmüşdür.

**Metodika 2.** Turşuluğu artırdıqda əmələ gələn molibdenin hidroksitiofenolyat kompleksi inert üzvi reagentlərlə ekstraksiya olunmur. Ona görə də ayrıcı qıfa 0.8 ml molibden məhlulu, 3.5 ml HCl, 2.5–3.0 ml 0.01 M HBTF əlavə edilərək yaxşı qarışdırılmış və üzərinə 2.0–2.5 ml 0.01 M Am-in xloroformda məhlulu tökülmüşdür. Ümumi həcm distillə suyu ilə 25 ml-ə çatdırılaraq 10 dəq çalxalanmışdır. Fazalar ayrıldıqdan sonra ekstraktın optiki sıxlığı КФК-2 fotokolorimetrində 540 nm dalğa uzunluğunda ölçülmüşdür.

**Komplekslərin yükünün təyini**. pH 6.8–7.8-də Mo(VI) HBTF ilə xloroformla yaxşı ekstraksiya olunan rəngli birləşmə əmələ gətirir. Turşuluğu artırdıqda (pH 4.5–5.6) molibden –hidroksitiofenolyat kompleksi inert üzvi reagentlərlə ekstraksiya olunmur. Mo–HBTF kompleksinin mənfi yükü ion mübadiləli xromatoqrafiya vasitəsilə təyin edilmiş və bu zaman ЭДЭ-10П anioniti məhlulun rəngli hissəsini tamamilə udmuşdur.

**Molibdenin reduksiyası haqqında.** Məlumdur ki, moliden(VI) turş mühitdə ditiol, tioalma turşusu [1] və 2-hidroksi-5-xlortiofenolla [3] Mo(V)-ə qədər reduksiya olunaraq hidrofob aminlərlə qarşılıqlı təsirdə olur. Belə bir sual ortaya çıxır – HBTF ilə qarşılıqlı təsirdə olduqda molibdenin oksidləşmə dərəcəsi dəyişmirmi? O da məlumdur ki, kükürdtərkibli reagentlər polifenollara nisbətən oksidləşməyə qarşı daha həssasdırlar. SnCl2 və KJ vasitəsilə reduksiya olunaraq alınan Mo(V) [1] xlorid turşusu mühitində HBTF ilə əlavə reduksiya etmədən Mo(VI)-nın əmələ gətirdiyi birləşmə ilə eyni birləşmə əmələgətirir. Hər iki birləşmə eyni maksimumlu işıqudmaya malik olmuşlar. Bu fakt onu göstərir ki, əlavə reduksi-yaedici iştirak etmədən, qüvvətli turş mühitdə Mo(VI) HBTF ilə kompleksində Mo(V) vəziyyətində olur. Mo(V)–HBTF anion kompleksi qırmızı rəngli olub, ancaq üzvi əsasların iştirakı ilə ekstraksiya olunur. Üçüncü komponentin iştirakı ilə əmələ gələn müxtəlifliqandlı kompleks daha çox davamlı və intensiv rəngli olur.

**NƏTICƏLƏR**

**Kompleksəmələgəlməyə su fazasının pH-nın təsiri**. Eyniliqandlı və müxtəlifliqandlı komplekslərin işıqudmasının [H+] qatılığından asılılığının tədqiqi (şəkil l) göstərmişdir ki, Mo(V)–HBTF–Am kompleksləri daha turş mühitdə əmələ gəlir. Müəyyən edilmişdir ki, Mo(VI)–HBTF eyniliqandlı kompleksinin əmələgəlməsinin optimal pH 6.8–7.8-dir

Daha zəif turş mühitdə kompleks hidroliz etdiyindən ekstraksiya pisləşir. Daha qüvvətli turş mühitdə də ekstraksiyanın pisləşməsi görünür Mo(VI)-nın Mo(V) reduksiyası ilə əlaqədar ola bilər.Mo(V)–HBTF–Qu kompleksinin əmələgəlməsi üçün optimal turşuluq pH 5.0–5.6, Mo(V)–HBTF–DFQ pH 4.8–5.5 və Mo(V)–HBTF–TFQ üçün isə pH 4.5–5.2-yə uyğun gəlir.

Mo–HBTF kompleksinin maksimum işıqudması 500 nm-də, Mo–HBTF–Qu kompleksi 550 nm-də, Mo–HBTF–DFQ kompleksi 545 nm-də, Mo–HBTF–TFQ kompleksi isə 540 nm dalğa uzunluğunda maksimum işıq udur. Şəkildən göründüyü kimi, MO–HBTF sisteminə hidrofob aminin daxil edilməsilə işıqudmada batoxrom sürüşmə baş verir.Ekstragentlərin təbiətinin təsiri. Mo(VI)–HBTF kompleksi pH 6.8–7.8-də, Mo(V)–HBTF–Am kompleksləri isə pH 4.5–5.6-da xloroform və dixloretanla yaxşı ekstraksiya olunur. Komplekslərin ekstraksiyası paylanma əmsalı və ekstraksiya dərəcəsi ilə qiymətləndirilmişdir. Molibdenin su fazasında tarazlıq qatılığı spektrofotometrik [10], üzvi fazada isə fərqə görə tapılmışdır.

Həlledici Ekstraksiya dərəcəsi, %-lə

Cədvəl 1. Molibdenin eyniliqandlı kompleksinin və müxtəlifliqandlı komplekslərinin üzvi həlledicilərlə ekstraksiyası

| | Mo–HBTF | Mo–HBTF–Qu | Mo–HBTF–DFQ | Mo–HBTF–TFQ |
|---|---|---|---|---|
| CHCl3 | 98.5 | 99.1 | 99.2 | 99.3 |
| CCl4 | 56.7 | 62.3 | 63.0 | 64.1 |
| C6H12 | 75.4 | 74.9 | 75.8 | 76.3 |
| C6H6 | 94.5 | 93.6 | 94.1 | 95.8 |
| C6H5–CH3 | 80.9 | 81.3 | 82.4 | 83.7 |
| C6H5–Cl | 97.2 | 97.4 | 97.8 | 98.4 |
| C2H4Cl2 | 98.4 | 98.8 | 99.0 | 99.1 |

Cədvəl 1-dən göründüyü kimi, molibden komplekslərinin xloroformla birdəfəlik ekstraksiyası 98.5–99.2% təşkil edir.

**Reagentlərin qatılığının təsiri**. Mo(VI)–HBTF eyniliqandlı kompleksinin əmələgəlməsi üçün məhlulda 10-2 M HBTF olmalıdır. Mo(V)–HBTF–Am müxtəlifliqandlı komplekslərinin əmə-ləgəlməsinə reagentlərin qatılığının təsirini aydınlaşdırmaq üçün iki seriyada təcrübələr aparılmışdır: 1) molibden və HBTF qatılığı sabit saxlanılmaqla aminlərin qatılığı dəyişdirilmişdir; 2) molibdenin və aminlərin qatılığı sabit saxlanılmaqla HBTF qatılığı dəyişdirilmişdir. Am və HBTF qatılığı Mo(V) MLK-lərinin əmələ gəlməsinə ciddi təsir edir. Müxtəlifliqandlı komplekslərin maksimum işıqudması (1.2–1.5)x10-2 M HBTF və (1.25–2.0)x10-3 M Am qatılığında müşahidə olunur.

**Vaxtın və su fazasının həcminin təsiri**. Mo(VI)–HBTF kompleksi lazım olan reaktiv məhlullarını qarışdırdıqdan dərhal sonra əmələ gəlir. Mo(V)–HBTF–Am MLK-lərinin xloroform ekstraktının işıqudması kompleksəmələgətirici komponentlərin qarışdırılma ardıcıllığından əsaslı şəkildə asılıdır. Molibden məhluluna hidrofob amin məhlulu HBTF məhlulundan sonra əlavə edildikdə tarazlıq daha sürətli yaranır.

Görünür, bu turş mühitdə Mo(VI)-nın Mo(V)-ə reduksiyası ilə əlaqədardırBütün reagentlər qarışdırıldıqdan 10 dəq sonra Mo(V) HBTF və Am-lə MLK birləşmə əmələ gətirir. Molibdenin eyni- və müxtəlifliqandlı kompleksləri davamlıqlarına görə bir-birindən fərqlənir. Belə ki, pHopt-da Mo(VI)–HBTF məhlulunun optiki sıxlığı sutka ərzində dəyişmədiyi halda, MLK-lər üçün bu 48 saat sabit qalır.

**Stexiometriya və davamlılıq sabitləri.** Nisbi cıxım, tarazlığın yerdəyişməsi və düz xətt metodları ilə komplekslərin tərkibində komponentlərin molyar nisbəti təyin edilmişdir [11].

Neytral və zəif turş mühitdə Mo(VI) məhlulda

2 MoO2, MoO2OH+, 2- HMoO4, HMoO4ionları şəklində mövcud olur [13, 14]. Eyniliqandlı kompleksdə komponentlərin molyar nisbəti 1:2 və

sadə formulunu [MoO2(HBTF)2] şəklində ifadə etmək olar. MLK-lərdə komponentlərin molyar nisbəti isə Mo(V):HBTF:Am=1:2:2 kimi olduğu müəyyən edilmişdir.İş [12]-də molibden(V)-in xlorid kompleksi təsvir edilərək, məhlulda MoO3+ ionunun mövcudluğu göstərilmişdir. Xlorid turşusu mühitində bu ion Cl-

ionları ilə qarşılıqlı təsirdə olaraq [MoOCl2]+və [MoOCl]2+ komplekslərini əmələ gətirir.Komponentlərin təyin edilən molyar nisbətinə və molibdenin sulu məhlulda ion vəziyyətinə əsasən Mo(V)-in HBTF və Am ilə qarşılıqlı təsir reaksiyası aşağıdakı kimi baş verdiyini güman etmək olar:

[MoOCl]2++2H2R⇄[MoOCl(HR)2]2-+2H+,

[MoOCl(HR)2]2-+2(AmH)+⇄[MoOCl(HR)2](AmЦ+)2.

Reaksiya mexanizmini aşağıdakı kimi təsvir etmək olar:

Mo(VI) 2-hidroksi-5-bromtiofenolla Mo(V)-ə qədər reduksiya olunur, axırıncı isə xlorid turşusu mühitində xlorid kompleksi kationu şəklində HBTF artığı ilə qarşılıqlı təsirdə olur.Xətlərin kəsişməsi metodu ilə [11] eyniliqandlı kompleksin davamlılıq sabiti təyin edilmişdir: lgβ(Mo(VI)–HBTF) =10.53±0.12. MLK-lərdə komponentlərin molyar nisbəti nəzərə alınaraq, onlarında davamlılıq sabiti hesablanmışdır. Müəyyən edilmişdir ki, Am iştirakı ilə əmələ gələn komplekslərdə davamlılıq sabiti eyniliqandlı kompleksə nisbətən xeyli yüksək olur:

lgβ(Mo(V)–HBTF– Qu) = 20.16±0.24,

lgβ(Mo(V)–HBTF–DFQ) = 21.96±0.13,

lgβ(Mo(V)–HBTF–TFQ) = 22.12±0.29.

Molibdenin 0.02–18 mkq/ml qatılıq intervalında Ber qanununa tabe olur. Mo(V,VI) komplekslərinin bəzi kimyəvi-analitik xarakteristikası cədvəl 2-də verilmişdir.

**Cədvəl 2.** Mo(V,VI) komplekslərinin bəzi kimyəvi-analitik xarakteristikası

| Komplekslər | pHopt | ƛmax,nm | ε-10-4 | lgβK | Tərkib | Ber qanununa tabe olma, mkq/ml |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Mo(VI)–HBTF | 6.8–7.8 | 500 | 2.6 | .53±0.12 | 1:2 | 0.02–14 |
| Mo(V)–HBTF–Qu | 5.0–5.6 | 550 | 2.7 | 20.16±0.24 | 1:2:2 | 0.02–15 |
| Mo(V)–HBTF–DFQ | 4.8–5.5 | 545 | 3.2 | 21.96±0.13 | 1:2:2 | 0.02–16 |
| Mo(V)–HBTF–TFQ | 4.5–5.2 | 540 | 2.9 | 22.12±0.29 | 1:2:2 | 0.02–18 |

Kənar ionların təsiri. Molibdenin təyininə kənar ionların maneçilik təsiri cədvəl 3-də verilmişdir. Qələvi, qələvitorpaq elementləri və NTE-ləri molibdenin təyininə mane olmur. Molibdenin təyininə həmçinin $F^-$, $Cl^-$, $SO_4^{2-}$ ionları mane olmur. Fe(III) və Ti(IV) maneçilik təsiri askorbin turşusu, Cu(II) – tiokarbamidlə, W(VI) isə çaxır turşusu ilə pərdələnməklə aradan qaldırılmışdır.

Cədvəl 3. Molibdenin (V, VI) təyinin nəticələrinə kənar ionların təsiri (Mo 20 mkq görürülmüşdür)

| | Kənar ion Kənar ionların manecilik göstərmədiyi miqdarı, ionun mol artığı | | |
|---|---|---|---|
| | Mo(VI)–HBTF | Mo(V)–HBTF–Qu | Mo(V)–HBTF–DFQ |
| Cu(II) | 120 | 148 | 154 |
| Co(II) | 117 | 123 | 135 |
| Ni(II) | 65 | 72 | 87 |
| Mn(II) | 98 | 114 | 114 |
| Zn(II) | 105 | 135 | 140 |
| Cd(II) | 184 | 140 | 141 |
| Pb(II) | 150 | 200 | 200 |
| Fe(III) | 120 | 138 | 127 |
| Bi(III) | 200 | 250 | 250 |
| V(V) | 400 | 500 | 500 |
| Ti(IV) | 160 | 220 | 210 |
| W(VI) | 40 | 60 | 65 |
| 2 HPO4 | 140 | 170 | 170 |
| 2 C2O4 | 5 | 6 | 6 |

**İcməli suda molibdenin təyini.** 1 litr icməli su iki sutka saxlanıldıqdan sonra 3.0 ml qatı H2SO4 ilə turşulaşdırılır və qatılaşdırmaq üçün 20 ml-ə qədər buxarlandırılır. Soyuduqdan sonra 50 ml-lik kolbaya süzülərək distillə suyu ilə cizgiyə qədər durulaşdırılır. Həmin məhluldan alikvot hissə ayrıcı qıfa keçirilərəkmetodikada göstərilən kimi molibden təyin edilmişdir.

Məlum olmuşdur ki, analiz edilən suda 0.084±0.005 mkq/ml molibden var. Nəticələr əlavəetmə metodu ilə müqayisə edilmişdir (cədvəl 4; n=5, p=0.95).

**Ədəbiyat siyahısı**:

1. Бусев А.И. Аналитическая химия молибдена. М.: Изд-во АН СССР. 1962. С. 205.
2. Вердизаде Н.А., Амрахов Т.И., Кулиев К.А., Залов А.З. // Журн. аналит. химии. 1997. Т. 52. № 10. С. 1042–1046.
3. Вердизаде Н.А., Залов А.З., Кулиев К.А. и др. // Журн. аналит. химии. 1997. Т. 55. № 4.С. 371–374.
4. Залов А.З. // Азерб. хим. журн. 2009. № 4. С. 89–94.

5. Вердизаде Н.А., Залов А.З., Абаскулиева У.Б. // Всеросс. конф. "Химический ана-лиз". Тез. докл. М.: ИОНХ, 2008. С. 96.
6. Вердизаде Н.А., Кулиев К.А., Залов А.З. // Там же. С. 96.
7. Корастелев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. М.: Наука, 1964. 261 с.
8. Гиллебранд В.Ф., Лендель Г.Э., Брайт Г.А., Гофман Д.И. Практическое руководство по неорганическому анализу. М.: Госхимиздат, 1966. С. 364.
9. Кулиев А.М., Алиев Ш.М., Мамедов Ф.Н., Мовсумзаде М.М. // Журн. орган. химии. 1976. Т. 12. № 4. С. 426–429.
10. Бусев А.И., Типцова В.Г., Иванов В.М. Руководство по аналитической химии редких элементов. М.: Химия, 1978. С. 177.
11. Булатов М.И., Калинкин Н.П. Практическое руководство по фотоколоримет-рическим и спектрофотометрическим методам анализа. М.-Л.: Химия, 1972. С. 190.
12. Бабко А., Гетман А. // Журн. неорган. химии. 1957. Т. 2. С. 2085–2089.
13. Воробьев С.П., Давидов И.П., Шилин И.В. // Журн. неорган. химии. 1967. Т. 12. № 8. С. 242–247.
14. Назаренко В.А., Антонович В.П., Невская Е.М. Гидролиз ионов металлов в разбав-ленных растворах. М.: Атомиздат, 1979. С. 124.
15. Жебентяев, А. И. Аналитическая химия. Инструментальные методы анализа : учеб. пособие / А. И. Жебентяев, А. К. Жерносек, И. Е. Талуть. – Минск : Новое знание, 2021. – 360 с. Дополнительная:
16. Жебентяев, А. И. Аналитическая химия. Химические методы анализа: учеб. пособие / А. И. Жебентяев, А. К. Жерносек, И. Е. Талуть. – Минск : Новое знание; Москва: ИНФА-М, 2011. – 542 с.
17. Аналитическая химия : учебник / Н. И. Мовчан [и др.]. – М.: Инфра-М, 2016. – 394 с 4. Аналитическая химия. Сборник задач : учеб.-метод. пособие / А. В. Юреня [и др.]. – Минск : БГМУ, 2017. – 192 с

## Section: Ecology and environmental protection

# BIODIVERSITY MANAGEMENT AND RESTORATION IN FRAGMENTED ECOSYSTEMS

**Balakhanova Gumru Vasif**
PhD
https://orcid.org/0000-0002-1709-1442
Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

Abstract

Habitat fragmentation is one of the major drivers of biodiversity loss and ecological degradation in contemporary landscapes. The division of continuous natural habitats into smaller and isolated patches alters habitat structure, increases edge effects, reduces ecological connectivity, and disrupts population dynamics and ecosystem processes. This study examines the ecological consequences of habitat fragmentation and evaluates approaches for biodiversity management and ecosystem restoration in fragmented landscapes. An integrated methodological framework combining field biodiversity assessment, soil ecological analysis, remote sensing, geographic information systems (GIS), landscape metrics, biodiversity indices, habitat-quality assessment, and ecological connectivity analysis was applied. The results indicate that increasing fragmentation is generally associated with reductions in species richness, diversity, functional complexity, and habitat quality, while generalist and disturbance-tolerant species become increasingly dominant. Small and isolated habitat patches were particularly vulnerable to edge effects, anthropogenic disturbance, ecological isolation, and reduced opportunities for recolonization and gene flow. The analysis further demonstrated that structural proximity between habitat patches does not necessarily ensure functional connectivity, particularly where roads, urbanized areas, intensive agriculture, and other anthropogenic barriers occur. Ecological corridors, riparian habitats, stepping-stone patches, buffer zones, and strategically selected restoration areas can substantially improve landscape connectivity and facilitate species movement. The study emphasizes that effective restoration should address both aboveground and belowground biodiversity, including vegetation communities, soil microorganisms, fungi, and other functional groups involved in ecosystem processes. Preventing further habitat loss, protecting high-quality remnants, restoring degraded patches, and reconnecting isolated habitats should therefore constitute complementary components of an integrated conservation strategy. The findings support a landscape-scale and adaptive management approach in which biodiversity conservation, ecological restoration, climate adaptation, sustainable land-use planning, and continuous ecological monitoring are implemented simultaneously. Such an approach can strengthen ecosystem resilience, maintain ecological functions, reduce biodiversity loss, and improve the long-term sustainability of fragmented ecosystems.

Keywords: biodiversity conservation, ecological restoration, ecological connectivity, landscape ecology, habitat quality, ecosystem resilience, ecological corridors, functional diversity, remote sensing, sustainable ecosystem management.

Introduction

Habitat fragmentation is widely recognized as one of the most significant forms of anthropogenic landscape transformation affecting biodiversity, ecosystem functioning, and ecological resilience worldwide. It occurs when formerly continuous natural habitats are subdivided into smaller and increasingly isolated patches as a consequence of urban expansion, agricultural intensification, infrastructure development, mining, industrial activities, deforestation, and other forms of land-use change. Fragmentation is not simply a reduction in the total area of natural habitat; it represents a complex restructuring of landscape configuration in which habitat loss, increased isolation, greater edge-to-interior ratios, and changes in connectivity interact to alter ecological processes across multiple spatial and temporal scales. Consequently, fragmented ecosystems often experience substantial changes in species composition, population dynamics, genetic diversity, trophic interactions, ecological succession, and ecosystem functioning.

The ecological consequences of fragmentation are particularly pronounced in landscapes where natural ecosystems are surrounded by intensive human land use. Conversion of forests, grasslands, wetlands, riparian habitats, and semi-natural areas into agricultural fields, roads, settlements, industrial zones, and other artificial surfaces creates a heterogeneous mosaic of habitat patches with different levels of ecological quality and permeability. The resulting landscape can restrict the movement of organisms, interrupt dispersal pathways, reduce access to food and reproductive resources, and increase the probability of local population extinction. Small and isolated populations are especially vulnerable because they generally have reduced demographic stability, lower genetic variability, and limited capacity to recover following environmental disturbances. These processes can ultimately generate an extinction debt, whereby species persist temporarily within fragmented habitats despite environmental conditions that are insufficient to maintain viable populations over the long term[1].

Fragmentation also modifies the ecological characteristics of habitat patches through the intensification of edge effects. The creation of artificial boundaries between natural and anthropogenic environments can alter microclimatic conditions, including temperature, humidity, solar radiation, wind exposure, and soil moisture. Such changes can affect vegetation structure, soil microbial communities, decomposition processes, nutrient cycling, and the distribution of sensitive species. In forest ecosystems, for example, increased edge exposure can influence tree mortality, regeneration, litter decomposition, and the abundance of invasive or disturbance-tolerant organisms. In grassland and wetland systems, fragmentation may similarly alter hydrological regimes, fire dynamics, nutrient availability, and species interactions. Therefore, the ecological significance of fragmentation extends beyond

the spatial reduction of habitat and involves profound changes in the quality and functioning of remaining ecosystems.

Biodiversity loss in fragmented landscapes is multidimensional. It includes reductions in species richness and abundance, changes in community composition, loss of functional diversity, disruption of trophic networks, and erosion of genetic variability. Particularly vulnerable are species with large home ranges, specialized habitat requirements, limited dispersal capacity, low reproductive rates, or strong dependence on specific ecological interactions. Fragmentation may also disproportionately affect mutualistic relationships such as pollination and seed dispersal, as well as predator–prey and host–parasite interactions. The disappearance or decline of key functional groups can produce cascading effects throughout ecological networks, reducing ecosystem stability and weakening the capacity of ecosystems to provide essential services.

The problem is further intensified by climate change. Fragmented habitats often have limited capacity to accommodate species range shifts and climate-driven redistribution because suitable habitats may be separated by unsuitable or highly modified matrix environments. Increasing temperatures, altered precipitation regimes, extreme climatic events, droughts, wildfires, and changing disturbance patterns can therefore interact synergistically with habitat fragmentation. Species that might otherwise migrate toward climatically suitable areas may be unable to do so because of landscape barriers. Maintaining and restoring ecological connectivity is consequently becoming an increasingly important component of biodiversity conservation under global environmental change.

Effective biodiversity management in fragmented ecosystems requires a transition from conventional species-centered conservation toward integrated landscape-scale approaches. Traditional conservation strategies that focus primarily on individual protected areas may be insufficient when populations and ecological processes extend beyond the boundaries of isolated reserves. Contemporary approaches emphasize the conservation of habitat networks, ecological corridors, stepping-stone habitats, buffer zones, and multifunctional landscape elements capable of maintaining ecological flows among habitat patches. Landscape connectivity should be considered not only in structural terms, referring to the physical arrangement of habitat patches, but also in functional terms, reflecting the ability of particular species and ecological processes to move through the landscape.

Ecological restoration represents a complementary and increasingly important strategy for reversing the effects of fragmentation. Restoration is not limited to re-establishing vegetation cover; rather, it involves the recovery of ecological structure, species composition, ecological interactions, and ecosystem processes. Restoration interventions may include reforestation and afforestation with native species, rehabilitation of degraded grasslands and wetlands, restoration of riparian vegetation, removal of invasive species, improvement of soil conditions, re-establishment of natural hydrological regimes, and creation of habitat corridors between isolated patches. Where complete restoration of historical ecosystems is impossible, the

development of functionally appropriate semi-natural habitats can nevertheless increase landscape permeability and improve conditions for biodiversity.

The selection and spatial arrangement of restoration sites are critical determinants of conservation success. Restoring isolated patches without considering their position within the broader landscape may produce limited ecological benefits. In contrast, strategically restoring areas between existing habitat fragments can substantially improve connectivity and facilitate dispersal, gene flow, recolonization, and species range expansion. Similarly, increasing the size of existing habitat patches and reducing the distance between them can decrease isolation effects. Landscape planning should therefore prioritize restoration based on habitat quality, connectivity, ecological importance, vulnerability, and the requirements of target species and functional groups.

Modern biodiversity management increasingly incorporates quantitative indicators and spatially explicit analytical approaches to evaluate fragmentation and restoration outcomes. Geographic Information Systems (GIS), remote sensing, satellite imagery, landscape metrics, species distribution models, ecological network analysis, and spatially explicit population models provide valuable tools for identifying fragmentation hotspots and prioritizing restoration interventions. Metrics such as patch size, patch density, edge density, landscape diversity, nearest-neighbor distance, connectivity indices, and core-area proportion can be used to characterize landscape structure. When combined with biodiversity surveys, genetic information, and functional ecological indicators, these approaches provide a more comprehensive assessment of the ecological consequences of fragmentation.

The integration of biological, ecological, and socioeconomic dimensions is also essential. Fragmented landscapes are frequently inhabited or used by local communities for agriculture, forestry, grazing, recreation, and other economic activities. Conservation measures that disregard local socioeconomic conditions may generate conflicts and reduce long-term management effectiveness. Participatory conservation, ecological restoration incentives, sustainable land-use planning, agroecological practices, and nature-based solutions can help reconcile biodiversity conservation with human development. In agricultural landscapes, for example, hedgerows, field margins, agroforestry systems, riparian buffers, and small natural habitat patches can function as important refugia and movement pathways while maintaining productive land use.

Urban and peri-urban ecosystems require particular attention because rapid urbanization generates highly fragmented ecological landscapes. Urban green spaces, parks, riparian corridors, roadside vegetation, vacant lands, and restored wetlands can serve as ecological stepping stones and contribute to maintaining biodiversity within cities. Their ecological value depends not only on area but also on vegetation complexity, habitat heterogeneity, connectivity, management intensity, and proximity to other natural habitats. Consequently, urban biodiversity planning should integrate ecological corridors and green infrastructure into broader spatial-development strategies.

An additional consideration is the restoration of belowground biodiversity and ecological processes. Soil microorganisms, fungi, invertebrates, and plant–microbe interactions play fundamental roles in nutrient cycling, decomposition, soil formation, plant establishment, and ecosystem recovery. Fragmentation and land-use change can alter soil microbial communities and reduce ecological functions that are essential for vegetation regeneration. Incorporating soil biodiversity into restoration programs can therefore improve restoration trajectories and increase ecosystem resilience. In this context, fungal communities and mycorrhizal associations may be particularly important because they contribute to nutrient acquisition, plant establishment, and interspecific interactions within recovering ecosystems.

Successful restoration should also be understood as a long-term adaptive process rather than a one-time intervention. Ecosystem responses may differ according to environmental conditions, disturbance history, landscape context, restoration techniques, and the biological characteristics of target species. Continuous monitoring is therefore necessary to determine whether restoration objectives are being achieved. Monitoring programs should incorporate indicators of species richness, abundance, community composition, functional diversity, habitat quality, connectivity, ecosystem processes, and resilience. Where outcomes differ from expectations, management practices should be adjusted through an adaptive management framework[2].

The concept of ecological resilience is particularly relevant to fragmented ecosystems. Resilience refers to the capacity of an ecosystem or ecological community to absorb disturbances, maintain essential functions, and recover following environmental change. Fragmentation can reduce resilience by decreasing redundancy, simplifying ecological networks, limiting recolonization, and increasing exposure to external disturbances. Conversely, maintaining diverse and interconnected habitat networks can strengthen ecological resilience by facilitating dispersal, supporting viable populations, preserving genetic exchange, and maintaining functional complementarity among species and ecosystems.

Against this background, biodiversity management and restoration in fragmented ecosystems should be approached as an integrated landscape-level process combining habitat protection, ecological connectivity, restoration ecology, biodiversity monitoring, climate adaptation, sustainable land use, and participatory governance. The objective should not merely be to prevent further species loss but to re-establish ecological processes and functional relationships that enable fragmented landscapes to remain biologically productive and resilient. Such an approach is particularly important in rapidly transforming regions where urbanization, agricultural expansion, industrial development, and infrastructure growth are occurring simultaneously.

Therefore, the development of scientifically grounded strategies for managing and restoring fragmented ecosystems represents a major priority for contemporary environmental management. Understanding the relationships among fragmentation intensity, habitat configuration, biodiversity patterns, ecological connectivity, and ecosystem functioning provides the foundation for identifying effective conservation and restoration interventions. An integrated framework that combines landscape

ecology, conservation biology, restoration ecology, spatial analysis, ecological monitoring, and sustainable land-use planning can contribute substantially to reversing biodiversity decline and strengthening ecosystem resilience under increasing anthropogenic and climatic pressures.

Materials and Methods

The study was conducted using an integrated ecological approach aimed at assessing biodiversity patterns, habitat fragmentation, ecological connectivity, and restoration potential in fragmented ecosystems. The methodological framework combined field-based biodiversity surveys, ecological indicators, soil analyses, remote sensing, geographic information system (GIS) techniques, and statistical approaches. The study design was developed to identify relationships between the intensity of habitat fragmentation and changes in species diversity, community structure, habitat quality, and ecosystem functioning.

Study areas were selected to represent different degrees of habitat fragmentation and anthropogenic transformation. Natural or relatively undisturbed ecosystems were considered reference areas, whereas moderately and highly fragmented landscapes were selected according to the extent of habitat loss, patch isolation, edge effects, infrastructure development, agricultural activity, urbanization, and other forms of human pressure. Sampling sites were geographically recorded using GPS, and the spatial position of each sampling unit was incorporated into the GIS database.

Biodiversity assessment was carried out through systematic field observations and sampling within representative habitat patches. Vegetation surveys were performed in standardized plots, where plant species composition, abundance, frequency, percentage cover, and vegetation structure were recorded. Where appropriate, additional observations of birds, terrestrial invertebrates, and other ecological indicator groups were conducted to provide a broader representation of biodiversity. Species were identified using appropriate taxonomic keys and reference materials. Particular attention was given to native, rare, specialist, invasive, and disturbance-tolerant species because these groups can provide important information about the ecological condition of fragmented habitats.

Soil samples were collected from selected habitat patches to evaluate belowground ecological characteristics. Samples were taken from the upper soil layer using standardized sampling procedures and transported to the laboratory for analysis. Soil pH, moisture, organic matter, electrical conductivity, and selected nutrient parameters were determined. Microbiological analyses were also conducted to characterize soil biological communities. Particular attention was given to fungal communities because fungi are closely associated with decomposition, nutrient cycling, soil development, plant establishment, and ecosystem recovery. Cultivation-based methods on appropriate nutrient media were used for fungal isolation, followed by morphological identification of the obtained isolates.

The spatial structure of fragmented ecosystems was evaluated using satellite imagery, aerial data, GIS databases, and field observations. Land-cover classes were identified and classified into natural habitats, agricultural areas, urbanized zones,

industrial areas, transportation infrastructure, water bodies, and other landscape categories. Habitat patches were delineated according to their ecological characteristics and spatial distribution. Multitemporal satellite data were used, where available, to determine changes in habitat area, vegetation cover, and landscape configuration over time.

A series of landscape ecological metrics was calculated to quantify fragmentation. These included total habitat area, number of habitat patches, mean patch size, patch density, edge density, perimeter-to-area ratio, core habitat area, nearest-neighbor distance, and connectivity-related indices. These indicators were used to distinguish relatively continuous ecosystems from moderately and highly fragmented landscapes. Particular attention was paid to habitat isolation and the proportion of edge habitat because these characteristics can strongly influence species persistence and ecological processes.

Remote-sensing techniques were applied to assess vegetation condition and landscape transformation. Vegetation indices such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) were calculated to characterize vegetation density and spatial variation in vegetation condition. Changes in vegetation cover were compared among different landscape units, while areas showing persistent degradation or loss of vegetation were identified as potential targets for ecological restoration.

Species diversity was evaluated using several ecological indices. The Shannon–Wiener diversity index was calculated to characterize species richness and evenness, while Simpson's index was used to assess dominance and diversity patterns. Species richness was determined as the total number of species recorded within each sampling unit. Community similarity among habitat fragments was evaluated using appropriate similarity coefficients, including Jaccard and Sørensen indices. These calculations allowed differences in species composition between fragmented and reference ecosystems to be identified.

In addition to taxonomic diversity, functional characteristics of biological communities were considered. Species were classified according to ecological traits such as habitat specialization, dispersal capacity, trophic position, reproductive strategy, growth form, and tolerance to environmental disturbance. This approach allowed the study to determine whether fragmentation resulted only in species loss or also in changes in the functional structure of biological communities. Where sufficient ecological trait data were available, functional richness, functional evenness, and functional divergence were considered.

Ecological connectivity was evaluated by analysing the spatial relationships between habitat patches. Habitat fragments were considered as components of a broader ecological network, while semi-natural vegetation, riparian zones, forest strips, grassland corridors, and other suitable landscape elements were evaluated for their potential role as movement pathways. GIS-based least-cost path analysis was applied where appropriate to identify potential routes connecting isolated habitat patches. Landscape resistance was estimated according to land-cover type, degree of anthropogenic disturbance, road infrastructure, built-up areas, and other potential barriers to species movement.

Anthropogenic pressure was assessed using both field observations and spatial indicators. The main variables included urban development, road density, agricultural intensity, industrial land use, vegetation removal, soil disturbance, recreational pressure, waste accumulation, and other visible forms of environmental degradation. These variables were standardized and incorporated into an integrated anthropogenic pressure assessment. Sampling sites were subsequently classified according to their relative level of anthropogenic influence.

Habitat quality was evaluated using a combination of biological, environmental, and landscape characteristics. Species richness, abundance of native species, vegetation structure, invasive species occurrence, soil condition, habitat size, degree of disturbance, edge effects, and connectivity were considered as principal indicators. Reference ecosystems with relatively low anthropogenic influence were used to establish baseline ecological conditions. Differences between reference and fragmented habitats were then evaluated to determine the principal ecological characteristics associated with biodiversity reduction.

Restoration potential was assessed through an integrated analysis of biodiversity value, habitat degradation, connectivity, ecological importance, and feasibility of restoration. Areas with high conservation value and strong potential to reconnect isolated habitat patches were identified as priority restoration zones. Potential restoration measures included re-establishment of native vegetation, rehabilitation of degraded soils, removal or control of invasive species, restoration of riparian habitats, establishment of ecological corridors, creation of buffer zones, and development of stepping-stone habitats between isolated fragments.

Statistical analyses were conducted to identify relationships between habitat fragmentation, environmental conditions, anthropogenic pressure, and biodiversity indicators. Descriptive statistics were initially used to summarize species richness, abundance, diversity indices, habitat characteristics, and landscape metrics. Differences among habitats with different fragmentation levels were evaluated using appropriate statistical tests according to data distribution and sampling design. Correlation and regression analyses were used to determine relationships between fragmentation indicators and biodiversity parameters. Multivariate analyses, including principal component analysis and cluster analysis, were applied where appropriate to identify major environmental gradients and distinguish ecological groups of sampling sites. Statistical significance was accepted at ($p<0.05$).

Finally, an integrated restoration-prioritization framework was developed by combining biodiversity value, habitat quality, fragmentation intensity, ecological connectivity, anthropogenic pressure, vulnerability, and restoration feasibility. Each criterion was standardized and incorporated into a composite assessment. Areas with high biodiversity value, pronounced fragmentation, ecological isolation, and substantial potential for improving connectivity were assigned higher restoration priority. This integrated methodological approach provided a comprehensive basis for evaluating the ecological consequences of habitat fragmentation and developing

scientifically supported strategies for biodiversity conservation, ecological restoration, and long-term ecosystem management.

Results and Discussion

The results demonstrated that habitat fragmentation was associated with substantial changes in biodiversity structure, habitat quality, ecological connectivity, and ecosystem functioning. The comparison of relatively continuous habitats with moderately and highly fragmented ecosystems indicated a consistent tendency toward decreasing species richness and increasing community dominance as fragmentation intensity increased. Fragmented habitats generally contained a greater proportion of disturbance-tolerant and generalist species, whereas habitat specialists and species with limited dispersal capacity were more strongly represented in larger and less isolated habitat patches. These patterns indicate that fragmentation acts not only through the direct loss of habitat area but also through changes in habitat configuration and ecological conditions within the remaining patches.

The most pronounced biodiversity differences were observed between relatively continuous habitats and highly fragmented landscapes. Large habitat patches generally supported more complex vegetation structures and greater species heterogeneity, creating a wider range of ecological niches. In contrast, small isolated fragments exhibited simplified vegetation structure, increased edge influence, and greater exposure to anthropogenic disturbances. The reduction in core habitat area was particularly important because species dependent on interior ecological conditions were more vulnerable to increased temperature fluctuations, reduced humidity, greater wind exposure, human disturbance, and invasive species pressure.

The analysis of species diversity indices supported these observations. Shannon–Wiener diversity values were generally higher in relatively continuous and well-connected habitats, reflecting greater species richness and more balanced community structure. In highly fragmented sites, lower diversity values were associated with the increased dominance of a limited number of ecologically tolerant species. Simpson's index similarly indicated stronger dominance in heavily disturbed fragments. Thus, fragmentation appeared to promote biotic homogenization, whereby different habitat patches increasingly become dominated by similar generalist species while sensitive and specialized taxa decline[3].

Changes in community composition were also evident among habitat fragments. Similarity analysis showed that geographically close and structurally connected habitats tended to possess more similar species assemblages, whereas isolated patches exhibited greater differences in species composition. This pattern can be explained by reduced dispersal and recolonization opportunities in isolated fragments. When a species disappears locally from a small isolated patch, the probability of natural recolonization decreases because surrounding suitable habitats are either distant or separated by unsuitable land-cover types. Consequently, isolation can intensify the demographic consequences of local disturbances and increase the risk of local extinction.

The results further indicated that habitat size played an important role in maintaining biodiversity. Larger patches supported a greater number of species and a higher proportion of habitat specialists than smaller fragments. This relationship is consistent with the species–area principle, according to which larger habitats generally provide more resources, ecological niches, and population-supporting capacity. However, habitat area alone was not sufficient to explain biodiversity patterns. Two patches of comparable size could display substantially different ecological conditions depending on their degree of isolation, edge-to-core ratio, surrounding land use, and internal habitat quality.

Edge effects represented one of the most important ecological consequences of fragmentation. Increasing edge density was associated with greater environmental variability and higher levels of anthropogenic influence. Edge-dominated habitats experienced stronger fluctuations in temperature and humidity and were more exposed to pollution, human activity, invasive species, and physical disturbance. These factors can alter species interactions and favor organisms capable of tolerating rapidly changing environmental conditions. As a result, the ecological composition of fragment interiors increasingly resembled that of disturbed habitats as the proportion of edge habitat increased.

The assessment of vegetation structure revealed that fragmented sites generally had lower structural complexity than reference ecosystems. Continuous habitats contained multiple vegetation layers, greater plant cover, and a more heterogeneous distribution of ecological resources. Fragmented landscapes, particularly those surrounded by urban or intensively managed agricultural areas, exhibited simplified vegetation and greater prevalence of disturbance-associated species. Such structural simplification can have cascading effects on insects, birds, soil organisms, and other organisms that depend on vegetation complexity for food, shelter, nesting, and reproduction.

The analysis of anthropogenic pressure showed a clear relationship between human disturbance and biodiversity decline. Sites exposed to intensive urbanization, road construction, agricultural activity, waste accumulation, and vegetation removal generally exhibited lower habitat quality and reduced biological diversity. Roads were particularly important because they function as physical barriers for some organisms and increase mortality, noise, pollution, and human access to previously less disturbed habitats. In combination with habitat loss, these effects can substantially reduce functional connectivity across fragmented landscapes.

Soil characteristics also differed among fragmentation categories. More disturbed and isolated sites generally exhibited changes in soil moisture, organic matter, and other physicochemical properties compared with less disturbed reference habitats. Such changes can directly affect plant establishment and indirectly influence soil microbial communities. The observed differences in soil fungal communities suggest that fragmentation and associated land-use changes can modify belowground biodiversity as well as aboveground communities. Because fungi are closely involved in decomposition, nutrient cycling, organic matter transformation, and plant–

microorganism interactions, alterations in fungal community structure may have important consequences for ecosystem recovery.

The results concerning ecological connectivity demonstrated that structural proximity between habitat patches did not always correspond to functional connectivity. Some patches were geographically close but effectively isolated because they were separated by roads, dense urban development, intensively cultivated land, or other high-resistance landscape elements. Conversely, semi-natural vegetation strips, riparian zones, hedgerows, and other linear habitats provided potential movement pathways between otherwise isolated fragments. This finding emphasizes the importance of considering landscape permeability when designing biodiversity conservation strategies[4].

Connectivity analysis indicated that restoration of strategically located areas could substantially improve ecological networks. Habitat patches positioned between larger natural areas had particular importance because they could function as stepping stones and facilitate dispersal. Restoration of these intermediate areas could reduce effective distances between habitat patches and improve opportunities for gene flow, recolonization, and seasonal movement. Therefore, restoration planning based solely on the ecological condition of individual sites may be less effective than landscape-scale planning that considers the spatial relationships among multiple fragments.

Functional diversity patterns provided additional evidence of ecological simplification in fragmented habitats. Highly disturbed landscapes tended to contain a greater proportion of generalist and disturbance-tolerant species, whereas less fragmented habitats supported a broader range of ecological strategies. The loss of functional groups may have consequences beyond species richness because different functional groups contribute to different ecosystem processes. A reduction in pollinators, seed dispersers, decomposers, predators, or soil-associated organisms can weaken ecological interactions and reduce ecosystem stability.

The results also indicate that fragmented ecosystems may experience an extinction debt. Some species may remain temporarily in small and isolated patches even though their populations are no longer demographically viable in the long term. Consequently, present-day species richness may underestimate future biodiversity loss. Long-term monitoring is therefore essential for distinguishing temporary persistence from genuine ecosystem stability. Restoration strategies should be implemented before populations reach critically low levels and before ecological processes become difficult or impossible to recover[5].

An important finding was the potential role of ecological corridors in mitigating fragmentation effects. Corridors containing native vegetation can provide movement pathways, refugia, feeding areas, and breeding sites while simultaneously reducing the isolation of habitat patches. Riparian vegetation was particularly valuable because river valleys and drainage systems can naturally connect otherwise isolated ecosystems. However, the effectiveness of corridors depends on their width, vegetation quality, continuity, disturbance level, and suitability for the target species. Poorly designed

corridors may function primarily as ecological edges rather than effective movement routes.

The restoration assessment indicated that the most effective interventions should combine habitat protection with active ecological restoration. Preventing further habitat loss should remain the first priority because restoration cannot always reproduce the complexity and ecological history of mature ecosystems. Where degradation is already advanced, restoration should focus on re-establishing native plant communities, improving soil conditions, controlling invasive species, reducing anthropogenic disturbance, and reconnecting isolated patches. The simultaneous application of these measures is likely to produce stronger ecological outcomes than isolated interventions.

Nature-based restoration measures also have the potential to provide benefits beyond biodiversity conservation. Reconnected vegetation can improve soil stability, reduce erosion, regulate local microclimates, enhance water retention, support pollination, and contribute to carbon sequestration. Consequently, ecological restoration of fragmented landscapes can simultaneously strengthen ecosystem services and increase the resilience of human communities to environmental change.

The findings have particular significance under conditions of climate change. Fragmented landscapes are generally less capable of supporting climate-driven species movements because suitable habitats may be separated by extensive anthropogenic barriers. Improving connectivity can therefore function as a climate-adaptation strategy by facilitating the redistribution of populations toward areas with more favorable environmental conditions. Maintaining networks of diverse and interconnected habitats may also increase ecosystem resistance and recovery following droughts, fires, extreme temperatures, and other disturbances.

From a management perspective, the results support the adoption of a hierarchical conservation strategy. First, remaining high-quality and relatively continuous habitats should be strictly protected. Second, moderately degraded areas that maintain important ecological functions should be managed to prevent further fragmentation. Third, highly isolated fragments should be evaluated for restoration and reconnection potential. Finally, ecological corridors, buffer zones, and stepping-stone habitats should be incorporated into regional land-use planning to maintain functional connectivity[6].

The findings also demonstrate the importance of integrating aboveground and belowground biodiversity into restoration planning. Restoration programs focused exclusively on vegetation cover may produce visually successful landscapes without fully recovering essential ecosystem processes. The recovery of soil microbial communities, fungi, decomposers, pollinators, and other functional groups should therefore be incorporated into restoration objectives and monitoring programs. This would provide a more realistic assessment of ecosystem recovery and ecological integrity.

Overall, the results demonstrate that habitat fragmentation represents a multidimensional ecological process involving habitat loss, isolation, edge effects,

biodiversity decline, functional simplification, and disruption of ecological connectivity. The severity of these effects depends on the size and quality of habitat patches, their spatial arrangement, the characteristics of the surrounding landscape, and the intensity of anthropogenic pressure. The evidence indicates that biodiversity conservation in fragmented ecosystems cannot be achieved effectively through isolated protected areas alone. Instead, landscape-scale management based on habitat protection, ecological connectivity, targeted restoration, continuous monitoring, and sustainable land-use planning is required.

The integration of biodiversity assessment, GIS-based landscape analysis, ecological connectivity modelling, and restoration prioritization provides a scientifically robust basis for developing such strategies. In particular, restoration efforts directed toward strategically important habitat gaps and ecological corridors can increase landscape permeability and facilitate the movement and persistence of species. Therefore, the long-term management of fragmented ecosystems should focus not only on maintaining the remaining fragments but also on restoring the ecological relationships that connect them into functioning and resilient landscape networks.

Conclusion

The study demonstrates that habitat fragmentation is a complex ecological process that significantly affects biodiversity, ecosystem structure, ecological connectivity, and ecosystem functioning. The conversion of continuous natural habitats into small and isolated patches leads not only to a reduction in total habitat area but also to increased edge effects, habitat isolation, altered environmental conditions, and disruption of ecological interactions. These processes collectively reduce the capacity of ecosystems to maintain diverse and stable biological communities.

The analysis indicates that fragmented ecosystems generally experience reductions in species richness, diversity, and functional complexity, accompanied by an increase in the relative dominance of generalist and disturbance-tolerant species. Habitat specialists and species with limited dispersal capacity are particularly vulnerable to isolation and habitat degradation. The loss of these species may subsequently affect pollination, seed dispersal, predation, decomposition, nutrient cycling, and other essential ecosystem processes.

Habitat size, quality, and connectivity were identified as major determinants of biodiversity persistence. Larger and better-connected habitat patches generally provide more favorable conditions for maintaining viable populations and ecological interactions. Conversely, small and isolated fragments are more susceptible to demographic instability, genetic isolation, invasive species, and external anthropogenic pressures. Therefore, conservation planning should consider not only the protection of individual habitat patches but also their position and function within the wider ecological landscape.

The findings demonstrate that ecological corridors, riparian habitats, stepping-stone patches, buffer zones, and semi-natural landscape elements can play an important role in reducing the negative effects of fragmentation. Restoration of strategically located habitat gaps can improve connectivity, facilitate species dispersal, support gene

flow, and increase opportunities for recolonization. Consequently, restoration planning should prioritize areas that provide the greatest potential contribution to ecological network integrity.

The study further emphasizes that successful restoration should address both aboveground and belowground components of biodiversity. Recovery of vegetation communities should be accompanied by the restoration of soil properties, microbial communities, fungi, decomposers, and other organisms responsible for essential ecosystem processes. Such an integrated approach increases the probability of restoring not only habitat structure but also ecological functionality.

From a management perspective, preventing further habitat loss should remain the primary conservation objective. Existing high-quality habitats should be protected, moderately degraded ecosystems should be managed to prevent further deterioration, and highly fragmented areas with strong ecological potential should be prioritized for restoration. GIS, remote sensing, landscape metrics, biodiversity indices, and connectivity modelling provide effective tools for identifying priority conservation and restoration areas and supporting evidence-based environmental decision-making.

The interaction between fragmentation and climate change further increases the urgency of maintaining ecological connectivity. Connected habitat networks can facilitate species movements in response to changing climatic conditions and increase ecosystem resilience to drought, wildfire, extreme temperatures, and other environmental disturbances. Thus, ecological connectivity should be regarded not only as a biodiversity conservation measure but also as an important component of climate adaptation.

Overall, effective biodiversity management in fragmented ecosystems requires a long-term, landscape-scale, and adaptive approach that integrates habitat protection, ecological restoration, connectivity enhancement, biodiversity monitoring, sustainable land-use planning, and stakeholder participation. The restoration of fragmented ecosystems should aim not merely to increase the area of vegetation cover but to recover ecological processes, biological interactions, and functional connectivity. Such an integrated strategy can contribute to reducing biodiversity loss, strengthening ecosystem resilience, maintaining ecosystem services, and improving the long-term ecological sustainability of human-dominated landscapes.

## References

1. Babu, K., & Venkatesh, R. (2023). Habitat restoration strategies for enhancing biodiversity and ecological networks. Biodiversity Reports: An International Journal, 2(1).
2. Brancalion, P. H. S., Hua, F., Joyce, F. H., Antonelli, A., Holl, K. D., et al. (2025). Moving biodiversity from an afterthought to a key outcome of forest restoration. Nature Reviews Biodiversity, 1, 248–261.
3. Erdoğan, N. (2025). Spatiotemporal analysis of habitat quality and connectivity in response to land use/cover change: A case study of İzmir. Sustainability, 17(6), 2407.

4. Fischer, J., Riechers, M., Loos, J., Martin-Lopez, B., & Temperton, V. M. (2021). Making the UN Decade on Ecosystem Restoration a social-ecological endeavour. Trends in Ecology & Evolution, 36(1), 20–24.
5. Riva, F., Koper, N., & Fahrig, L. (2024). Overcoming confusion and stigma in habitat fragmentation research. Biological Reviews, 99, 1411–1424.
6. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2022). Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. Convention on Biological Diversity.
7. Valente, J. J., et al. (2023). [Recent advances concerning habitat fragmentation, biodiversity and ecological connectivity]. Ecological Applications.
8. Wang, J., et al. (2024). Neglecting biodiversity baselines in longitudinal river connectivity restoration impacts priority setting. Science of the Total Environment, 954, 175167.

# MODERN ECOLOGICAL MANAGEMENT ASPECTS OF THE CONSERVATION OF RARE AND ENDANGERED SPECIES

**Balakhanova Gumru Vasif**
PhD
https://orcid.org/0000-0002-1709-1442
Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Azerbaijan

Abstract

The conservation of rare and endangered species is a major priority of contemporary ecological management because accelerating habitat loss, fragmentation, climate change, pollution, invasive species, overexploitation, and other anthropogenic pressures continue to increase extinction risks. This study examines the principal ecological and management factors influencing the conservation of threatened species and evaluates integrated approaches for maintaining viable populations and restoring their habitats. The methodological framework combines field population surveys, habitat-quality assessment, biodiversity monitoring, GIS and remote-sensing analysis, ecological connectivity assessment, anthropogenic threat evaluation, genetic considerations, and statistical approaches. The results indicate that rare and endangered species are particularly vulnerable to habitat degradation, population isolation, reduced reproductive success, genetic erosion, and environmental instability. Habitat fragmentation was identified as a major factor limiting dispersal and gene flow and increasing the vulnerability of small populations. The findings demonstrate that effective conservation requires the protection of critical habitats together with the restoration of degraded ecosystems and establishment of ecological corridors, buffer zones, and stepping-stone habitats. Genetic monitoring, ex situ conservation, invasive-species management, and climate-adaptation measures can

provide additional support for populations facing high extinction risk. Modern technologies, including GIS, remote sensing, environmental DNA, camera trapping, molecular approaches, and ecological modelling, provide important opportunities for improving species detection, population assessment, and conservation planning. The study emphasizes that conservation success should be evaluated through long-term indicators such as population viability, reproductive success, recruitment, genetic diversity, habitat quality, and ecological connectivity. An integrated and adaptive management approach that combines in situ conservation, ecological restoration, genetic management, climate adaptation, technological monitoring, and community participation can substantially reduce extinction risk and strengthen the resilience of rare and endangered species and the ecosystems on which they depend.

Keywords: endangered species, biodiversity conservation, ecological management, habitat protection, habitat fragmentation, ecological restoration, ecological connectivity, genetic diversity, climate change, protected areas, adaptive management, species conservation, ecosystem resilience.

Introduction

The conservation of rare and endangered species has become one of the central priorities of contemporary ecological management and biodiversity conservation. Accelerating habitat destruction, landscape fragmentation, climate change, pollution, overexploitation of biological resources, invasive alien species, disease emergence, and increasing anthropogenic pressure are collectively contributing to unprecedented changes in the abundance and distribution of many species. The decline of rare and endangered taxa is particularly significant because their disappearance represents not only the irreversible loss of genetic and biological diversity but also the disruption of ecological interactions and ecosystem functions. Consequently, modern species conservation increasingly requires an integrated management framework that combines population ecology, habitat protection, landscape planning, ecosystem restoration, genetic conservation, environmental monitoring, and adaptive management.

Rare species are generally characterized by restricted geographic distributions, small population sizes, specialized ecological requirements, or naturally low abundance. Although rarity does not necessarily indicate an immediate risk of extinction, populations with limited distribution or low demographic numbers are often highly sensitive to environmental disturbances. Endangered species, in contrast, face a substantially elevated probability of extinction because of persistent population decline, habitat loss, restricted range, exploitation, or other ecological pressures. The distinction between rarity and endangerment is therefore important for management because conservation strategies should address both naturally rare species and species whose populations have become rare as a consequence of anthropogenic transformation[1].

One of the most important challenges in the conservation of threatened species is the continuing loss and degradation of natural habitats. Agricultural expansion, urbanization, infrastructure development, mining, industrialization, deforestation,

wetland drainage, and intensive resource exploitation progressively reduce the availability of suitable habitats. Habitat fragmentation further increases the vulnerability of small populations by isolating them from one another and reducing opportunities for dispersal and genetic exchange. Small isolated populations may experience demographic stochasticity, inbreeding, genetic drift, and reduced reproductive success, thereby increasing their susceptibility to environmental fluctuations and local extinction.

Modern ecological management therefore places particular emphasis on the protection of critical habitats and the maintenance of ecological connectivity. Conservation areas should not be considered isolated units but rather components of interconnected ecological networks. Ecological corridors, buffer zones, stepping-stone habitats, riparian systems, and other semi-natural landscape elements can facilitate species movement between fragmented populations. Maintaining connectivity is especially important for species with large home ranges, seasonal migrations, low dispersal capacity, or populations distributed across fragmented landscapes. In addition, connectivity can increase the ability of species to respond to changing climatic conditions by allowing populations to move toward environmentally suitable areas.

Climate change has introduced an additional dimension to species conservation. Increasing temperatures, changing precipitation patterns, prolonged droughts, extreme weather events, wildfires, sea-level rise, and shifts in seasonal cycles can alter habitat suitability and species distribution. Rare and endangered species are often particularly vulnerable because their ecological niches may be narrow and their populations may have limited capacity for adaptation or migration. Climate change can also interact with habitat fragmentation, creating situations in which suitable habitats become increasingly isolated and species are unable to track changing environmental conditions. Modern conservation planning must therefore incorporate climate vulnerability assessments and identify climate refugia, potential range-shift pathways, and areas with high future conservation value.

The protection of endangered species also requires attention to genetic diversity. Small populations frequently experience reductions in genetic variability, which may decrease their adaptive potential and increase the effects of inbreeding. Genetic monitoring can provide valuable information about population structure, gene flow, genetic bottlenecks, and evolutionary potential. Modern molecular approaches, including DNA barcoding, population genomic analysis, environmental DNA (eDNA), and molecular marker techniques, increasingly enable conservation scientists to identify genetically distinct populations, detect cryptic species, monitor population connectivity, and evaluate genetic responses to environmental change. Integration of genetic information into management decisions can therefore improve the effectiveness of both in situ and ex situ conservation programs.

In situ conservation remains the fundamental strategy for maintaining species within their natural ecological contexts. Protected areas, national parks, nature reserves, wildlife refuges, and other conservation areas can provide essential protection

from habitat destruction and direct human exploitation. However, the effectiveness of protected areas depends on their size, ecological integrity, management capacity, connectivity, enforcement, and ability to respond to emerging threats. A protected-area designation alone cannot guarantee species persistence if habitats continue to deteriorate or if populations are too small to remain viable. Consequently, contemporary protected-area management increasingly emphasizes ecological outcomes rather than simply geographic coverage[2].

Ex situ conservation provides an important complementary approach for species facing severe population decline or immediate extinction risk. Seed banks, botanical gardens, zoos, aquaria, captive-breeding programs, cryopreservation facilities, and genetic resource collections can preserve individuals and genetic material outside natural habitats. Such approaches are particularly valuable when wild populations are critically small or when natural habitats have temporarily become unsuitable. Nevertheless, ex situ conservation should generally be integrated with habitat restoration and carefully planned reintroduction or reinforcement programs because long-term species survival ultimately depends on functioning natural ecosystems.

Ecological restoration has consequently become an increasingly important component of endangered-species management. Restoration efforts may involve re-establishment of native vegetation, rehabilitation of wetlands and riparian habitats, restoration of degraded soils, removal of invasive species, improvement of hydrological regimes, reduction of pollution, and reconstruction of ecological corridors. Effective restoration should be species-oriented while simultaneously addressing ecosystem-level processes. The objective should not simply be to increase the number of individuals but to restore the ecological conditions necessary for sustainable reproduction, population growth, dispersal, and species interactions.

Invasive alien species represent another major challenge for rare and endangered species. Invasive organisms can compete with native species for resources, alter habitats, introduce pathogens, modify food webs, and change ecosystem processes. Rare species with narrow ecological niches are particularly susceptible to such pressures. Modern management therefore incorporates early detection, rapid response, systematic monitoring, mechanical and biological control where appropriate, and prevention of new introductions. Integrated invasive-species management is particularly important within protected areas and other habitats containing vulnerable endemic taxa.

Disease and emerging pathogens have also become increasingly relevant to biodiversity conservation. Small and genetically uniform populations may be particularly susceptible to infectious diseases, while habitat degradation and climate change can alter host–pathogen relationships and facilitate disease emergence. Contemporary conservation programs increasingly incorporate wildlife health surveillance, pathogen monitoring, disease-risk assessment, and biosecurity measures. These approaches can help prevent disease outbreaks from becoming additional drivers of population decline.

Technological advances have significantly expanded the possibilities for modern ecological monitoring. Remote sensing, geographic information systems (GIS), automated camera traps, acoustic monitoring, satellite telemetry, drones, environmental DNA, artificial intelligence, and machine-learning techniques can provide detailed information on species distribution, population trends, habitat condition, and ecological connectivity. These technologies can improve the detection of rare species that are difficult to observe directly and facilitate continuous monitoring across large and inaccessible areas. Integration of multiple data sources also enables more accurate identification of conservation priorities and emerging ecological threats[3].

Species distribution modelling and predictive ecological modelling have become particularly valuable for conservation planning. By integrating species occurrence data with environmental variables, such models can identify current suitable habitats, potential distribution ranges, ecological refugia, and areas likely to remain suitable under future climate scenarios. Such information can support the designation of protected areas, identification of restoration sites, development of ecological corridors, and prioritization of limited conservation resources.

Modern ecological management is also increasingly shifting from static conservation toward adaptive management. Because ecological systems are dynamic and conservation outcomes are often uncertain, management actions should be accompanied by systematic monitoring, evaluation, and adjustment. Adaptive management allows conservation measures to be modified when new evidence demonstrates that an intervention is ineffective or when environmental conditions change. This approach is particularly relevant for endangered species because population responses may vary according to habitat conditions, climatic variability, genetic characteristics, and interactions with other organisms.

An additional critical dimension is the integration of local communities and stakeholders into conservation decision-making. Conservation initiatives that exclude local socioeconomic realities may generate conflicts and reduce compliance with management measures. Community-based conservation, environmental education, sustainable resource use, participatory monitoring, and economic incentives can increase local support for species protection. Indigenous and local ecological knowledge may also provide valuable information about species distribution, seasonal behavior, habitat changes, and historical population trends. Effective conservation therefore increasingly recognizes that biodiversity protection is both an ecological and a social process.

The prioritization of rare and endangered species requires scientifically based assessment frameworks. International and national conservation categories, population trends, geographic range, habitat quality, ecological importance, genetic distinctiveness, and the severity of anthropogenic threats should all be considered when determining management priorities. Red List assessments and national biodiversity inventories provide important foundations, but local population-level assessments are also necessary because regional declines may occur even when global populations appear relatively stable.

From an ecosystem-management perspective, protecting endangered species should not be separated from maintaining ecosystem integrity. Many threatened species perform important ecological functions as predators, herbivores, pollinators, seed dispersers, decomposers, ecosystem engineers, or indicators of environmental quality. Their decline may therefore produce cascading effects throughout ecological communities. Conservation measures aimed at restoring ecological interactions and ecosystem processes can consequently provide benefits for numerous species simultaneously.

The effectiveness of modern conservation management is ultimately dependent on integrating multiple spatial and organizational scales. Population-level interventions, habitat protection, landscape connectivity, ecosystem restoration, regional land-use planning, and national biodiversity policy should function as complementary components of a unified conservation system. Such integration is particularly important in rapidly developing regions where natural habitats are increasingly influenced by urbanization, agriculture, infrastructure, and industrial activities[4].

Thus, the conservation of rare and endangered species should be regarded as a dynamic and interdisciplinary process rather than a narrow effort focused solely on preventing extinction. Contemporary ecological management must combine species protection with habitat conservation, ecological restoration, genetic management, climate adaptation, technological monitoring, invasive-species control, and stakeholder participation. The development of evidence-based, adaptive, and spatially integrated conservation strategies can strengthen population viability, maintain genetic and functional diversity, preserve ecosystem services, and increase the resilience of threatened species to accelerating environmental change. Such an approach provides the scientific foundation for ensuring the long-term persistence of rare and endangered species and the ecological systems upon which they depend.

**Material and Methods**

The present study was conducted within an integrated ecological-management framework aimed at assessing the factors influencing the conservation status, population viability, habitat quality, and long-term persistence of rare and endangered species. The methodological approach combined field ecological observations, population assessment, habitat-quality evaluation, landscape analysis, GIS and remote-sensing techniques, assessment of anthropogenic pressures, ecological connectivity analysis, climate-vulnerability assessment, and statistical analysis. The study was based on the principle that the conservation status of threatened species cannot be evaluated independently from the ecological condition and spatial structure of their habitats.

Field investigations were conducted in habitats representing different degrees of ecological transformation, including relatively undisturbed natural ecosystems, protected areas, fragmented landscapes, agricultural territories, urban and peri-urban environments, wetlands, riparian habitats, forested areas, grasslands, and other ecosystems supporting rare and endangered species. Sampling sites were selected

according to species occurrence, habitat representativeness, degree of anthropogenic disturbance, habitat connectivity, and conservation significance. Geographic coordinates of observation and sampling sites were recorded using GPS devices. Field observations were repeated during different seasons to account for seasonal variation in species abundance, distribution, reproductive activity, habitat use, and environmental conditions.

Population status was evaluated using standardized ecological survey techniques appropriate to the biological characteristics of the target species. Depending on the taxonomic group and habitat conditions, direct observations, line-transect surveys, point-count methods, quadrat sampling, camera traps, acoustic monitoring, nest and breeding-site observations, and indirect evidence of species presence were employed. The number of individuals, population density, spatial distribution, age or developmental structure, reproductive activity, mortality, and recruitment were recorded. Repeated observations were used to reduce the influence of temporary environmental variation and to improve the reliability of population estimates. Changes in population size between monitoring periods were used to evaluate population trends and identify populations exhibiting stable, increasing, or declining trajectories.

Habitat quality was assessed using a combination of ecological and environmental indicators, including vegetation structure, habitat area, availability of food and shelter, water availability, breeding-site conditions, habitat continuity, degree of human disturbance, pollution, presence of invasive species, and evidence of ecological degradation. Each parameter was standardized and evaluated according to its relative importance for the target species. On this basis, habitats were classified into high-, moderate-, low-, and severely degraded quality categories. Particular attention was given to reproductive habitats because the continued presence of adult individuals does not necessarily indicate long-term population viability when recruitment is insufficient.

Habitat fragmentation and ecological connectivity were evaluated using geographic information system techniques and spatial analysis. Satellite imagery and available land-use and land-cover datasets were used to identify natural habitats, agricultural areas, urban territories, industrial zones, transportation infrastructure, water bodies, and other landscape components. Habitat patches were evaluated according to their area, degree of isolation, distance from neighboring patches, edge characteristics, and surrounding land-use structure. The degree of fragmentation was assessed by determining the reduction and spatial isolation of suitable habitats. Particular attention was given to roads, settlements, industrial infrastructure, intensive agricultural areas, and other barriers that may restrict species movement and gene flow.

Ecological connectivity was assessed by identifying potential movement pathways between occupied and potentially suitable habitats. Natural vegetation belts, riparian corridors, forest strips, semi-natural agricultural margins, stepping-stone habitats, and other landscape elements capable of facilitating species dispersal were considered important components of ecological networks. GIS-based spatial analysis was used to identify areas where habitat restoration or corridor establishment could improve connectivity between isolated populations. The results of connectivity

analysis were subsequently incorporated into the determination of conservation priorities.

Anthropogenic pressures were evaluated through field observations, spatial analysis, and assessment of land-use patterns. Major pressure categories included habitat destruction, urbanization, agricultural expansion, infrastructure development, industrial activities, pollution, overgrazing, recreational disturbance, illegal collection or exploitation, invasive alien species, and other forms of direct or indirect human influence. The intensity of each pressure was evaluated according to its spatial extent, frequency, persistence, and potential ecological impact. Particular attention was given to the cumulative effects of multiple pressures because rare and endangered species may experience simultaneous habitat degradation, fragmentation, pollution, climatic stress, and biological competition.

Climate-related vulnerability was assessed by considering changes in temperature, precipitation, drought frequency, extreme weather events, wildfire risk, and seasonal environmental conditions. Climatic information was compared with the ecological requirements and known distribution of threatened species to identify populations potentially exposed to unfavorable future conditions. Species with narrow ecological niches, restricted geographic distributions, low dispersal ability, and limited habitat availability were considered particularly vulnerable to climate change. Areas expected to maintain relatively suitable environmental conditions under future climatic scenarios were considered potential climate refugia and were evaluated as priority areas for long-term conservation.

The study also incorporated biodiversity-level indicators to evaluate the ecological context in which rare and endangered species occur. Species richness, relative abundance, Shannon-Wiener diversity, and Simpson dominance indices were calculated for communities where sufficient data were available. The Shannon-Wiener diversity index was determined using the expression (H'=-\sum p_i\ln p_i), where (p_i) represents the relative abundance of the (i)-th species. These indicators were used to compare ecological communities with different degrees of anthropogenic disturbance and to determine whether threatened species were associated with relatively diverse and structurally complex habitats or with simplified ecological communities.

Genetic conservation considerations were incorporated into the assessment of small and isolated populations. Available molecular and population-genetic information was evaluated in relation to genetic diversity, population differentiation, gene flow, inbreeding, genetic bottlenecks, and evolutionary distinctiveness. Where appropriate, modern molecular approaches, including DNA barcoding, microsatellite analysis, mitochondrial markers, single-nucleotide polymorphism analysis, and environmental DNA techniques, were considered for identifying genetically distinct populations and improving species detection. Genetic information was interpreted together with demographic and ecological data because the maintenance of genetic diversity is an important component of long-term population viability and adaptive capacity.

Modern monitoring technologies were also incorporated into the methodological framework. Geographic information systems, remote sensing, camera trapping, acoustic monitoring, environmental DNA, satellite telemetry, unmanned aerial vehicles, and automated image analysis were considered complementary approaches to conventional field surveys. Remote-sensing data were used to evaluate vegetation condition, land-use transformation, habitat loss, and landscape fragmentation. Vegetation condition was assessed, where applicable, using spectral indicators such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Temporal satellite data were compared to identify changes in habitat structure and the expansion of anthropogenic land use.

Species distribution modelling was used to identify relationships between species occurrence and environmental conditions. Species occurrence records were integrated with climatic, topographic, vegetation, hydrological, land-cover, and anthropogenic variables. Depending on the availability and quality of occurrence data, ecological niche and species distribution modelling approaches were considered for identifying current suitable habitats, potential restoration areas, ecological refugia, and future distribution zones. Predictive modelling was also considered for assessing potential changes in habitat suitability under different climate-change scenarios. Model performance was evaluated using appropriate statistical indicators, including sensitivity, specificity, and the area under the receiver operating characteristic curve.

Conservation priorities were established by integrating population status, habitat quality, degree of fragmentation, ecological connectivity, anthropogenic pressure, genetic significance, and climate vulnerability. Populations characterized by small size, declining trends, low reproductive success, restricted distribution, high habitat specialization, severe fragmentation, and intense anthropogenic pressure were considered to have higher conservation priority. Areas containing important breeding populations, rare habitats, ecological corridors, or genetically distinct populations were also identified as priority conservation units. This integrated approach allowed conservation priorities to be evaluated at both species and landscape levels.

The effectiveness of conservation measures was assessed through ecological indicators such as population abundance, reproductive success, recruitment, mortality, habitat quality, connectivity, genetic diversity, and reduction in anthropogenic pressure. Particular attention was given to the potential effectiveness of in situ conservation, ecological restoration, ecological corridor development, invasive-species management, climate adaptation, ex situ conservation, and population reinforcement. Conservation interventions were considered successful when they resulted in sustained improvements in population viability and habitat condition rather than only short-term increases in population size.

All quantitative data obtained during the investigation were organized and statistically analyzed using appropriate statistical procedures. Descriptive statistics, including mean, standard deviation, minimum, maximum, and coefficient of variation, were calculated for relevant ecological variables. Relationships between population parameters and environmental factors were evaluated using correlation and regression

analyses. Where the assumptions of parametric tests were satisfied, analysis of variance, t-tests, Pearson correlation, and regression models were applied; non-parametric methods were used when the data did not meet the required assumptions. Statistical significance was accepted at ($p<0.05$). GIS-based spatial analyses and ecological modelling were used to identify spatial relationships among habitat quality, fragmentation, connectivity, anthropogenic pressure, and species occurrence.

Quality control was maintained throughout the study through standardized field protocols, repeated observations, verification of species identification, and cross-validation of spatial and ecological datasets. Potential sources of uncertainty, including seasonal variation, imperfect species detection, incomplete occurrence data, sampling limitations, and uncertainty associated with future climate projections, were taken into account during interpretation. The combination of complementary field, spatial, molecular, and statistical approaches increased the reliability of the assessment and provided a comprehensive methodological basis for evaluating modern ecological management strategies for the conservation of rare and endangered species.

Results and Discussion

The results demonstrated that the conservation status of rare and endangered species is strongly associated with habitat quality, population size, habitat fragmentation, ecological connectivity, and the intensity of anthropogenic pressure. Species occupying relatively intact and well-connected habitats generally showed more stable population structures, higher reproductive potential, and greater habitat availability, whereas populations occurring in highly transformed landscapes were characterized by smaller population sizes, restricted distributions, reduced recruitment, and greater vulnerability to environmental disturbances.

A clear relationship was observed between habitat degradation and population decline. The most important pressures included habitat loss, fragmentation, agricultural expansion, urban development, infrastructure construction, pollution, uncontrolled recreational activities, overgrazing, illegal collection or exploitation, and invasive species. These pressures frequently occurred simultaneously, producing cumulative effects that were considerably stronger than those associated with individual stressors. Consequently, conservation planning based on a single-threat approach may underestimate the actual vulnerability of threatened populations.

Habitat fragmentation was identified as one of the principal factors influencing the spatial distribution and persistence of rare species. Small and isolated habitat patches provided fewer ecological resources and were more exposed to edge effects than larger continuous habitats. Increased isolation reduced the probability of movement between populations and limited opportunities for recolonization following local extinction events. For species with low dispersal capacity, this effect was particularly pronounced. Fragmentation also increased the risk of genetic isolation, demographic instability, and reduced reproductive exchange among populations.

The assessment of population structure indicated that populations occupying high-quality habitats generally exhibited a more balanced demographic composition, including a greater representation of reproductive individuals and younger age classes.

In degraded habitats, the proportion of reproductive individuals was often lower and evidence of natural regeneration or recruitment was weaker. This pattern suggests that the persistence of some rare populations may depend on individuals that are currently present but are not being replaced at a sufficient rate. Such populations may therefore face future declines even when their present abundance appears relatively stable.

Species with specialized habitat requirements were particularly sensitive to environmental changes. Habitat specialists depend on specific vegetation structures, food resources, hydrological conditions, microclimates, or ecological interactions and consequently have fewer opportunities to adapt to rapid landscape transformation. Generalist species, in contrast, were more capable of occupying disturbed habitats. This difference contributes to community homogenization, in which threatened and specialized species gradually disappear while a smaller group of widely distributed and disturbance-tolerant organisms becomes increasingly dominant.

The analysis of habitat quality showed that vegetation structure, habitat size, availability of resources, and degree of human disturbance were among the most important factors determining species occurrence. Habitats containing greater structural complexity generally supported more ecological niches and provided improved conditions for feeding, shelter, reproduction, and movement. Degraded habitats with simplified vegetation and reduced resource availability were associated with lower occurrence and abundance of sensitive species.

Ecological connectivity emerged as a particularly important component of species conservation. Several apparently suitable habitat patches were effectively isolated because of roads, urban development, intensive agriculture, industrial areas, and other landscape barriers. The presence of semi-natural vegetation corridors, riparian zones, forest strips, and stepping-stone habitats increased the potential for movement between otherwise isolated populations. This finding emphasizes that conservation areas should be managed as components of interconnected ecological networks rather than as isolated units.

The results also demonstrated that the conservation value of a habitat is not determined solely by its size. Some relatively small habitat patches had disproportionately high conservation importance because they contained rare species, breeding populations, unique ecological communities, or strategically important positions within ecological networks. Such patches may serve as stepping stones between larger populations and can contribute substantially to maintaining landscape-level connectivity. Their protection should therefore be incorporated into regional conservation planning.

Anthropogenic pressure was negatively associated with habitat quality and population stability. Areas experiencing intensive land-use transformation showed greater levels of habitat degradation, pollution, disturbance, and fragmentation. Roads and transportation infrastructure were particularly important because they can simultaneously cause direct mortality, restrict movement, increase human accessibility, and contribute to secondary habitat degradation. The cumulative influence of these

pressures may be especially severe for small populations with limited dispersal capacity.

The results further indicated that invasive alien species represent an important secondary threat to rare and endangered taxa. Invasive plants can alter vegetation structure and resource availability, while invasive animals can increase predation or competition. In addition, invasive organisms may modify soil processes, hydrological regimes, and ecological interactions. Sensitive native species can therefore experience population declines even when their original habitat remains physically present. Effective conservation management should consequently incorporate early detection and systematic control of invasive species.

Climate-related pressures were also found to increase the vulnerability of rare species. Changes in temperature and precipitation regimes, prolonged droughts, extreme heat, wildfires, and shifts in seasonal conditions can reduce habitat suitability and alter reproductive cycles and resource availability. Species with narrow climatic tolerances and restricted geographic ranges are particularly vulnerable because they have fewer opportunities to relocate. Climate change may therefore intensify the effects of existing habitat fragmentation and create additional barriers to natural range shifts.

The integration of spatial and ecological information indicated that climate adaptation should become an important component of modern species conservation. Areas expected to retain favorable climatic conditions can function as future refugia, while corridors connecting current and potential future habitats can facilitate species movement. Conservation strategies based exclusively on present-day species distributions may therefore be insufficient under rapidly changing climatic conditions.

The assessment of genetic considerations showed that small and isolated populations are potentially more vulnerable to loss of genetic diversity. Reduced population size can increase genetic drift and inbreeding while decreasing opportunities for gene flow. These processes may reduce adaptive capacity and increase susceptibility to environmental change and disease. Maintaining connectivity between populations is consequently important not only for demographic reasons but also for preserving genetic variation.

Where genetic monitoring is available, molecular approaches can substantially improve conservation decision-making. Genetic differentiation among populations can identify evolutionarily significant units, reveal previously unrecognized population structure, and determine whether isolated populations require assisted gene flow or other interventions. However, genetic management should be applied carefully because excessive mixing of genetically distinct populations can potentially disrupt local adaptations[5].

The results also highlight the importance of integrating ex situ and in situ conservation. Seed banks, botanical collections, captive-breeding programs, cryopreservation, and genetic resource collections can provide safeguards against irreversible population loss. However, these approaches cannot replace the protection of natural habitats. Long-term conservation success depends primarily on restoring

ecological conditions that allow populations to reproduce and maintain themselves in their natural environments.

Habitat restoration was identified as one of the most effective approaches for increasing the long-term conservation potential of threatened species. Restoration of native vegetation, wetlands, riparian zones, degraded soils, and ecological corridors can improve habitat quality and increase the amount of suitable habitat available to declining populations. Restoration measures were found to be particularly valuable when implemented strategically between existing populations rather than as isolated projects.

The results support a hierarchy of conservation priorities. First, remaining populations and habitats with high ecological integrity should be strictly protected. Second, habitats experiencing moderate degradation should be managed to prevent further decline. Third, fragmented habitats with high restoration potential should be targeted for ecological rehabilitation and reconnection. Finally, critically endangered populations requiring additional support may benefit from ex situ conservation, population reinforcement, or carefully planned reintroduction.

An important implication of the study is that conservation success should not be evaluated solely by the number of individuals present. Population recovery should also be assessed through reproductive success, recruitment, demographic structure, genetic diversity, habitat quality, ecological connectivity, and long-term population stability. A temporary increase in population size without improvement in habitat conditions may not represent genuine conservation success.

Technological approaches substantially improve the capacity to monitor rare species. GIS, remote sensing, camera traps, environmental DNA, acoustic monitoring, GPS telemetry, and automated image analysis can provide information that would be difficult to obtain through conventional field surveys alone. Integration of these technologies allows conservation managers to detect population changes, identify previously unknown habitats, monitor movement pathways, and evaluate the effectiveness of restoration interventions[6].

The findings also emphasize the importance of community participation. Conservation measures implemented without consideration of local economic activities may be difficult to maintain over the long term. Community-based monitoring, environmental education, sustainable resource use, and conservation incentives can reduce anthropogenic pressure while increasing local support for biodiversity protection. In landscapes where communities depend directly on natural resources, participatory management can therefore represent an important component of conservation success.

Overall, the results indicate that the decline of rare and endangered species is rarely caused by a single ecological factor. Instead, population vulnerability is produced by the interaction of habitat loss, fragmentation, environmental degradation, climate change, invasive species, exploitation, genetic isolation, and other anthropogenic pressures. This multidimensional nature of extinction risk requires an equally integrated management response.

The most effective conservation strategy is therefore a landscape-scale and adaptive framework combining strict protection of critical habitats, restoration of degraded ecosystems, ecological connectivity, genetic conservation, invasive-species management, climate adaptation, technological monitoring, and stakeholder participation. Such an approach can improve population viability, strengthen ecosystem resilience, maintain genetic and functional diversity, and reduce the probability of local and global extinction of rare and endangered species.

Conclusion

The conservation of rare and endangered species represents a complex and multidisciplinary component of modern ecological management. The study demonstrates that the decline of threatened species is closely associated with habitat loss, fragmentation, degradation, anthropogenic disturbance, climate change, invasive species, overexploitation, and the reduction of ecological connectivity. These factors frequently act simultaneously and can significantly reduce population viability, reproductive success, genetic diversity, and long-term adaptive capacity.

The findings indicate that protection of individual species cannot be separated from conservation of their habitats and ecological networks. Large, high-quality, and interconnected habitats provide more favorable conditions for population persistence, genetic exchange, dispersal, and natural regeneration. Therefore, the establishment and effective management of protected areas should be complemented by ecological corridors, buffer zones, stepping-stone habitats, and restoration of degraded ecosystems.

Habitat restoration is particularly important for populations affected by fragmentation and environmental degradation. Restoration of native vegetation, wetlands, riparian habitats, soils, and other critical ecological components can increase habitat quality and improve opportunities for population recovery. Restoration should be strategically planned at the landscape level, with priority given to areas capable of reconnecting isolated populations and strengthening ecological networks.

The conservation of genetic diversity should also be incorporated into management programs. Small and isolated populations are particularly susceptible to genetic drift, inbreeding, and loss of adaptive potential. Genetic monitoring and, where scientifically justified, carefully planned population reinforcement or assisted gene flow can contribute to maintaining evolutionary potential. Ex situ conservation methods, including seed banks, captive breeding, cryopreservation, and genetic resource collections, should serve as complementary measures for populations facing critical extinction risk.

Climate change further emphasizes the need for adaptive conservation planning. Identification and protection of climate refugia, maintenance of ecological connectivity, restoration of migration pathways, and integration of climate projections into habitat management can increase the ability of threatened species to respond to environmental change. Conservation strategies based only on current species distributions are increasingly insufficient under rapidly changing climatic conditions.

Modern technologies, including GIS, remote sensing, camera traps, environmental DNA, molecular methods, satellite tracking, and ecological modelling, provide important opportunities for improving the detection and monitoring of rare species. Their integration with long-term field observations can strengthen population assessments and facilitate evidence-based conservation decisions.

The study also confirms that effective conservation requires continuous monitoring and adaptive management. Conservation measures should be periodically evaluated using indicators such as population size, reproductive success, recruitment, genetic diversity, habitat quality, connectivity, and threat intensity. Management interventions should subsequently be modified according to observed ecological responses.

Ultimately, the long-term protection of rare and endangered species requires an integrated approach that combines habitat protection, ecological restoration, connectivity conservation, genetic management, climate adaptation, invasive-species control, technological monitoring, and community participation. Such a strategy can reduce extinction risk, strengthen ecosystem resilience, preserve ecological functions, and ensure the long-term persistence of threatened species within functioning natural ecosystems.

## References

1. Belitz, M. W., Campbell, C. J., Drum, R. G., Leuenberger, W., Morelli, T. L., Nail, K., Shirey, V., Thogmartin, W. E., & Zipkin, E. F. (2025). A case for assemblage-level conservation to address the biodiversity crisis. Nature Reviews Biodiversity, 1, 134–143.
2. Hogg, C. J. (2024). Translating genomic advances into biodiversity conservation. Nature Reviews Genetics, 25, 362–373.
3. Lacher, T. E., Jr., Butchart, S. H. M., Gumbs, R., Long, B., Lopez-Gallego, C., Raimondo, D., Simkins, A. T., Sunarto, S., Hoffmann, M., et al. (2025). The status, threats and conservation of Critically Endangered species. Nature Reviews Biodiversity, 1, 421–438.
4. Lawlor, J. A., Comte, L., Grenouillet, G., Lenoir, J., Baecher, J. A., Bandara, R. M. W. J., Bertrand, R., Chen, I.-C., Diamond, S. E., Lancaster, L. T., et al. (2024). Mechanisms, detection and impacts of species redistributions under climate change. Nature Reviews Earth & Environment, 5, 351–368.
5. Schwartz, M. W., Williamson, M. A., Apodaca, J. J., Echeverri, A., Guzman, L. M., & Kroetz, K. (2025). The fate of imperiled species: Lessons from 50 years of the U.S. Endangered Species Act. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 56.
6. Zhang, et al. (2024). Biodiversity conservation in the context of climate change: Facing challenges and management strategies. Science of the Total Environment, 937, 173377.

## Section: Economy

# ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ РИНКУ ПРАЦІ

**Федотова Тетяна**
ORCID: 0000-0002-9529-3429
к. е. н., доцент
Кафедра економіки та бізнесу
ННІ економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського
Криворізький національний університет, Україна

**Анотація**. Здійснено економічний аналіз ринку праці як ключового елементу економічної системи, що визначає рівень зайнятості, доходів населення та конкурентоспроможність економіки. Розглянуто сучасні виклики, пов'язані з глобалізацією, цифровою трансформацією, демографічними змінами та військовими діями. Окреслено методи дослідження ринку праці — статистичний аналіз, економіко-математичне моделювання, індексний аналіз та SWOT-аналіз. Визначено їх практичне значення для формування державної політики зайнятості, управління персоналом на підприємствах та адаптації освітніх програм до потреб економіки.

**Метою** є характеристика методології економічного аналізу ринку праці в умовах глобальних трансформацій, цифровізації та соціально-економічних викликів, з метою виявлення тенденцій, ризиків та можливостей для забезпечення стійкого розвитку.

**Ключові слова:** ринок праці; зайнятість; безробіття; заробітна плата; економічний аналіз.

Ринок праці є ключовим елементом економічної системи, що визначає рівень зайнятості, доходів населення та конкурентоспроможність економіки. В умовах глобалізації, технологічних змін та демографічних викликів він постійно трансформується. Для України особливо актуальними є проблеми трудової міграції, дисбалансу між попитом і пропозицією робочої сили, функціонування в умовах військових дій, а також необхідність адаптації до цифрової економіки [1]. Економічний аналіз ринку праці дозволяє виявити тенденції, ризики та можливості, що формують соціально-економічний розвиток країни.

Ринок праці розглядається як система взаємодії роботодавців та працівників, де формується ціна праці (заробітна плата) та обсяг зайнятості. Класичні економічні теорії (А. Сміт, Д. Рікардо) підкреслювали роль попиту й пропозиції, тоді як сучасні концепції враховують інституційні чинники, державне регулювання та соціальні аспекти. Важливим є поєднання макроекономічного та мікроекономічного підходів: на рівні держави аналізується загальний рівень безробіття, а на рівні підприємств - ефективність використання трудових ресурсів.

Економічний аналіз ринку праці в сучасних умовах потребує інтеграції класичних теорій із новітніми підходами, що враховують цифрову трансформацію та глобальні виклики, фактори впливу та ризики, які визначають прийняття управлінських рішень у сфері зайнятості.

Економічний аналіз ринку праці здійснюється за допомогою таких методів:

1. Статистичний аналіз є базовим інструментом дослідження ринку праці. Статистичні показники: зайнятості, безробіття, рівня заробітної плати, продуктивності праці. структура зайнятості за галузями та регіонами. дозволяє виявити динаміку та закономірності розвитку ринку праці, визначити регіональні та галузеві диспропорції, оцінити вплив економічних криз чи реформ.

2. Економіко-математичне моделювання дозволяє формалізувати взаємозв'язки між елементами ринку праці [2]. Здійснюється побудова моделей попиту й пропозиції на робочу силу, які описують, як змінюється кількість робочих місць та рівень заробітної плати залежно від економічних умов; прогнозування змін під впливом технологій чи демографії дозволяє враховувати технологічні зміни (автоматизація, цифровізація), демографічні фактори (старіння населення, міграція), освітні тенденції. моделі враховують технологічні зміни (автоматизація, цифровізація), демографічні фактори (старіння населення, міграція), освітні тенденції.

3. Методи оптимізації використовуються для визначення ефективного розподілу трудових ресурсів між галузями, регіонами, сферами та суб'єктами господарювання.

4. Індексні методи застосовуються для оцінки змін у часі та порівняння різних груп:

- Індекс заробітної плати показує динаміку доходів працівників у різних секторах.

- Індекс вартості робочої сили враховує витрати роботодавців на оплату праці, соціальні внески, пільги.

- Індекс продуктивності праці показує співвідношення обсягів виробництва до кількості зайнятих.

Індексний аналіз дозволяє оцінити реальну купівельну спроможність населення, визначити конкурентоспроможність економіки та ефективність використання трудових ресурсів.

5. SWOT-аналіз використовується для стратегічної оцінки ринку праці, оцінка сильних і слабких сторін ринку праці, можливостей та загроз.

- Сильні сторони (Strengths): наявність кваліфікованих кадрів, розвиток освітньої системи, конкурентні галузі (наприклад, IT).

- Слабкі сторони (Weaknesses): високий рівень тіньової зайнятості, низька мобільність робочої сили, дисбаланс між попитом і пропозицією.

- Можливості (Opportunities): інтеграція у світовий ринок праці, розвиток дистанційної роботи, залучення інвестицій у людський капітал.

- Загрози (Threats)**:** масова трудова міграція, демографічне старіння, економічні кризи, технологічне безробіття.

Результати економічного аналізу ринку праці можуть бути використані:

- державними органами для формування політики зайнятості та соціального захисту;
- підприємствами для розробки стратегій управління персоналом;
- освітніми закладами для адаптації навчальних програм під потреби ринку праці;
- дослідниками для подальшого вивчення впливу цифровізації та глобалізації на трудові ресурси.

**Список використаних джерел**

1. Інституційні засади розвитку ринку праці в Україні : колективна монографія / за наук. ред. І. Л. Петрової, В. В. Близнюка ; НАН України, ДУ «Ін-т екон. та прогнозув. НАН України». Київ, 2021. 472 с.
2. Mokhov V., Aliukov S., Alabugin A., Osintsev K. A Review of Mathematical Models of Macroeconomics, Microeconomics, and Government Regulation of the Economy. Mathematics. MDPI, 2023. 11 (14), 3246. https://doi.org/10.3390/math11143246.

# КРИПТОВАЛЮТИ У СКЛАДІ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОРТФЕЛЯ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ, РИЗИКИ ТА МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД

**Філяр Світлана**
к.е.н., доцент
**Довгань Віктор**
аспірант
**Блакита Вадим**
аспірант
Кафедра економіки, фінансів та обліку
ПВНЗ «Європейський університет», Україна

Проблематика використання криптовалют та інших цифрових активів у складі інвестиційних портфелів упродовж останнього десятиліття набула вагомого значення у світовій та українській економічній науці. Цифровізація фінансового сектору, поширення технології блокчейн, розвиток децентралізованих фінансів (DeFi), стабільних монет, токенізованих активів та інституційних інвестиційних продуктів поступово сприяли переходу криптоактивів від переважно спекулятивного інструменту до самостійного сегмента глобального фінансового ринку. Водночас їх включення до інвестиційного портфеля потребує врахування специфічних характеристик: високої волатильності, значної амплітуди цінових коливань, технологічних та

кіберризиків, асиметрії інформації, залежності від ринкових очікувань, ліквідності окремих активів і регуляторної невизначеності.

Актуальність дослідження посилюється тим, що криптовалютний ринок поступово стає більш структурованим та професійним. Якщо на початкових етапах його розвитку основними учасниками були роздрібні інвестори та спекулятивно орієнтовані трейдери, то нині до екосистеми цифрових активів активно залучаються інвестиційні компанії, фінансові посередники, технологічні корпорації та інституційні інвестори. Поширення біржових інвестиційних продуктів, розвиток кастодіальних послуг, токенізація реальних активів та інтеграція блокчейн-технологій у традиційну фінансову інфраструктуру свідчать про поступове зближення двох раніше відносно відокремлених сегментів фінансового ринку.

Вагомий внесок у дослідження портфельного інвестування в криптовалюти зробили українські науковці. Зокрема, І. Ю. Кондрат та Р. І. Драла досліджували можливості оптимізації криптовалютного портфеля із застосуванням моделей Марковіца, Шарпа та Квазі-Шарпа. Їхні результати підтверджують, що цифрові активи за певних ринкових умов можуть мати відмінну від традиційних фінансових інструментів динаміку, що створює потенціал для диверсифікації. Водночас підвищена волатильність криптовалют обмежує можливість їх значної частки у консервативних портфелях та потребує застосування додаткових інструментів контролю ризику.

Сучасний етап українських досліджень характеризується переходом від загального теоретичного осмислення криптовалют до розроблення адаптивних моделей управління цифровими активами. Р. С. Молікевич запропонував поєднання методів машинного навчання та портфельної оптимізації, використовуючи модель XGBoost для прогнозування цінових тенденцій. Такий підхід демонструє поступове доповнення традиційної портфельної теорії алгоритмічними методами, здатними обробляти великі масиви ринкових даних та враховувати нелінійні залежності. Водночас залежність більшості криптоактивів від динаміки Bitcoin залишається одним із ключових факторів системного ризику криптовалютного сегмента.

Важливими є також результати досліджень Т. В. Обелець та А. Ю. Чорноштан, у яких увага зосереджується на класифікації цифрових активів, диверсифікації ризиків та динамічному ребалансуванні портфеля. Їхні висновки дозволяють стверджувати, що диверсифікація лише між окремими криптовалютами не завжди забезпечує достатнє зниження ризику, оскільки під час масштабних ринкових спадів кореляції між цифровими активами можуть суттєво зростати. Тому більш обґрунтованим є формування змішаного портфеля, у якому криптоактиви поєднуються з акціями, облігаціями, золотом, депозитними та іншими грошовими інструментами.

Такий підхід особливо актуальний для України, де можливості диверсифікації традиційного портфеля обмежуються відносно невеликою місткістю внутрішнього фондового ринку. В умовах війни, валютної

нестабільності та підвищених макроекономічних ризиків український інвестор стикається з необхідністю одночасно враховувати ризик втрати капіталу, валютний ризик, інфляційний ризик і ризик ліквідності. За таких умов цифрові активи можуть виступати лише одним із компонентів портфеля, а не його основою. Їх використання має супроводжуватися визначенням допустимої частки, оцінкою максимального потенційного збитку та регулярним контролем структури активів.

Методологічною основою сучасного портфельного аналізу продовжують залишатися моделі Г. Марковіца та В. Шарпа. Проте їх використання на криптовалютному ринку потребує адаптації. Модель Марковіца базується на оцінюванні очікуваної дохідності, дисперсії та коваріації активів, тоді як параметри криптовалютного ринку можуть швидко змінюватися під впливом зовнішніх шоків. Коефіцієнт Шарпа також не завжди достатньо відображає ризик екстремальних втрат, оскільки стандартне відхилення враховує як позитивні, так і негативні відхилення. Саме тому сучасні дослідження доцільно доповнювати показниками VaR, CVaR, максимальної просадки, Sortino ratio, стрес-тестуванням, сценарним аналізом та методами машинного навчання.

Окремого значення набуває використання поведінкових та інформаційних факторів. Ціни криптоактивів значною мірою залежать від настроїв учасників ринку, інформаційних потоків, соціальних мереж, регуляторних заяв та публічної поведінки великих інвесторів. На відміну від традиційних ринків, де фундаментальні показники підприємств та макроекономічні індикатори відіграють значну роль, криптовалютний сегмент характеризується більшою чутливістю до інформаційних імпульсів. Тому перспективним є використання sentiment analysis, машинного навчання та штучного інтелекту для доповнення традиційного фінансового аналізу.

Міжнародний досвід підтверджує подібну тенденцію. На глобальному рівні криптоактиви поступово інтегруються у традиційну фінансову систему, а інституційні інвестори дедалі активніше використовують цифрові активи та пов’язані з ними фінансові продукти. Водночас така інтеграція не означає автоматичного зниження ризиковості криптовалют. Навпаки, посилення взаємозв’язків між криптовалютним і традиційним фінансовими ринками підвищує значення макрофінансового моніторингу та регуляторного контролю. Відповідно, сучасний інвестор має оцінювати криптоактиви не ізольовано, а в межах загальної структури глобального портфеля.

Особливе значення має європейський досвід. У Європейському Союзі сформовано комплексний регуляторний підхід на основі Регламенту Markets in Crypto-Assets (MiCA), основні положення якого застосовуються з 2024 року. Його метою є підвищення прозорості криптовалютного ринку, встановлення вимог до емітентів та постачальників послуг, посилення захисту інвесторів і створення більш передбачуваного середовища для розвитку цифрових фінансів. Для України цей досвід є особливо важливим у контексті євроінтеграції та

поступового наближення національного фінансового законодавства до європейських принципів регулювання.

Європейський підхід також демонструє важливість диференціації цифрових активів залежно від їх економічної природи. Не всі криптоактиви мають однаковий рівень ризику, функціональне призначення або ступінь залежності від ринкової кон'юнктури. Зокрема, окремого аналізу потребують стабільні монети, токени, пов'язані з реальними активами, платіжні токени та інші цифрові інструменти. Така класифікація має безпосереднє значення для портфельного управління, оскільки різні категорії активів можуть виконувати різні функції — від забезпечення ліквідності до отримання капітального приросту.

На міжнародному рівні важливу роль відіграють також рекомендації Ради з фінансової стабільності (FSB), Міжнародного валютного фонду та інших міжнародних інституцій. Їхній сучасний підхід ґрунтується на необхідності комплексного врахування фінансових, макроекономічних, правових, технологічних і системних ризиків. Принцип пропорційного регулювання передбачає, що однакові за характером фінансові послуги та ризики мають підлягати співставним вимогам незалежно від технологічної форми їх реалізації. Це сприяє формуванню більш прозорого та стабільного глобального середовища для функціонування цифрових фінансових активів.

Важливою міжнародною тенденцією 2024–2026 років є також розвиток токенізації традиційних активів. Технологія блокчейн поступово використовується не лише для створення нових криптовалют, а й для цифрового представлення традиційних фінансових та реальних активів. Токенізація державних облігацій, фондів, нерухомості та інших активів потенційно може змінити механізми їх обігу, підвищити доступність окремих інвестиційних інструментів та скоротити транзакційні витрати. Для портфельного інвестування це відкриває перспективу формування більш гнучких цифрових портфелів, у яких поєднуються криптоактиви та токенізовані традиційні інструменти.

Для України проблема формування криптовалютного портфеля має додаткову специфіку. Вона визначається воєнними ризиками, валютними коливаннями, інфляційними процесами, обмеженістю внутрішнього фондового ринку, необхідністю збереження заощаджень та прискореною цифровізацією економіки. Водночас український інвестор повинен враховувати не лише ринкову волатильність криптовалют, а й валютний, регуляторний, технологічний та операційний ризики. Саме тому пряме перенесення моделей, розроблених для стабільніших розвинених фінансових ринків, без адаптації до українських умов може призводити до некоректної оцінки фактичного рівня ризику.

Для українського ринку особливо важливим є валютний аспект. Оскільки більшість найбільш ліквідних криптоактивів котирується у доларовому еквіваленті, результат українського інвестора залежить не лише від зміни ціни криптовалюти, а й від динаміки гривні. Таким чином, загальна дохідність портфеля в національній валюті може відрізнятися від результату, розрахованого

у доларах США. Це означає, що при практичній оптимізації портфеля необхідно враховувати валютну структуру активів та потенційні курсові коливання.

Українська практика також демонструє необхідність подальшого формування чітких правил функціонування ринку віртуальних активів. Закон України «Про віртуальні активи» № 2074-IX визначив базові правові підходи до поняття віртуального активу, однак станом на 2026 рік повноцінне нормативне врегулювання цього сегмента залишається незавершеним. У цьому контексті європейська практика MiCA може розглядатися як важливий орієнтир для подальшого вдосконалення українського законодавства, особливо щодо захисту інвесторів, прозорості діяльності криптоплатформ, фінансового моніторингу та регулювання постачальників послуг.

Сучасні українські дослідження підтверджують зростання наукового інтересу до використання цифрових активів саме як інструменту диверсифікації. Водночас перспективність криптоактивів для українського інвестора має оцінюватися не лише за потенційною дохідністю, а за їх внеском у загальну ефективність портфеля. У цьому випадку ключовим показником стає не абсолютний прибуток від окремої криптовалюти, а співвідношення додаткової дохідності та ризику, який вона привносить у портфель. Саме такий підхід відповідає сучасній логіці портфельного управління.

Загалом проведений аналіз свідчить, що криптоактиви мають подвійний інвестиційний характер. З одного боку, вони створюють можливість отримання високої дохідності, доступу до глобального цифрового фінансового середовища та потенційної диверсифікації портфеля. З іншого боку, вони характеризуються підвищеним ризиком, значними просадками, нестабільними кореляціями та високою залежністю від зовнішніх інформаційних і макроекономічних факторів. Тому оцінювання їх інвестиційної привабливості лише за показником очікуваної дохідності є недостатнім.

Для українського інвестора найбільш доцільним є використання змішаного портфельного підходу, за якого криптоактиви займають контрольовану частку портфеля поряд із традиційними фінансовими інструментами. При цьому оптимальна структура повинна визначатися залежно від інвестиційного горизонту, ризик-профілю інвестора, валютної структури активів, рівня ліквідності та поточної макроекономічної ситуації. Важливими інструментами управління залишаються регулярне ребалансування, обмеження концентрації окремих криптоактивів, стрес-тестування, сценарний аналіз та застосування показників ризику, орієнтованих на потенційні втрати.

Додатково перспективним є застосування динамічних стратегій управління. За умов швидкої зміни ринкової кон’юнктури статична структура портфеля може втрачати оптимальність. Регулярне коригування ваг активів залежно від зміни волатильності, кореляцій, ліквідності та очікуваної дохідності дає змогу своєчасно реагувати на ринкові зміни. Для цього можуть використовуватися алгоритмічні моделі, машинне навчання та штучний інтелект. Водночас технологічна складність таких інструментів не повинна створювати ілюзію

повної прогнозованості ринку: навіть найбільш досконалі моделі не усувають ризик раптових цінових шоків.

Таким чином, сучасний розвиток криптовалютного ринку свідчить про його поступову інтеграцію у глобальну фінансову систему, проте цифрові активи ще не можуть розглядатися як повноцінна заміна традиційним інструментам інвестування. Результати українських та зарубіжних досліджень підтверджують наявність у криптоактивів потенціалу для диверсифікації портфеля, але водночас наголошують на необхідності обмеження їхньої частки та застосування сучасних методів управління ризиками. Перспективним напрямом є поєднання класичних моделей Марковіца і Шарпа з VaR, CVaR, Sortino ratio, стрес-тестуванням, сценарним аналізом, машинним навчанням та динамічним ребалансуванням.

Для України особливо важливим є поєднання міжнародного досвіду, насамперед європейського підходу MiCA, із національними особливостями фінансового ринку. В умовах воєнної невизначеності та європейської інтеграції розвиток прозорого й прогнозованого ринку віртуальних активів може сприяти розширенню інвестиційних можливостей та цифровій трансформації фінансового сектору. Водночас ключовими передумовами його сталого розвитку мають залишатися захист інвесторів, фінансова стабільність, прозорість операцій, ефективний нагляд і належне управління ризиками.

Отже, криптоактиви доцільно розглядати як перспективний, але високоризиковий компонент диверсифікованого інвестиційного портфеля. Їх ефективне використання залежить не стільки від вибору окремої криптовалюти, скільки від правильної оцінки її взаємозв’язку з іншими активами, визначення оптимальної частки у портфелі та застосування системи постійного ризик-менеджменту. Для українського інвестора найбільш обґрунтованою є модель, що поєднує міжнародні підходи до портфельної оптимізації, європейські стандарти регулювання та врахування специфічних валютних, макроекономічних і воєнних ризиків національної економіки. Саме такий комплексний підхід створює передумови для використання цифрових активів не лише як об’єкта спекулятивних операцій, а як контрольованого елемента сучасної системи управління інвестиційним портфелем.

## Список використаних джерел

1. Фімяр С. В., Гнатюк О. П., Блакита В. О. Інвестиційна привабливість регіону: управлінські та теоретичні аспекти Інвестиції: практика та досвід № 3 (2026) С. 257-265 DOI: http://doi.org/ 10.32702/2306-6814.2026.3.257
2. Фімяр С. В., Довгань В. В. Суб'єкти інноваційної діяльності Інвестиції: практика та досвід № 20 (2025) С. 159-164 DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6814.2025.20.159
3. Фімяр С. В., Блакита В. О. Портфельне інвестування в умовах цифрової трансформації економіки України The 6th International scientific and practical conference “Modern science: trends, challenges, solutions” (January 17-19, 2026) Cognum Publishing House, Liverpool, United Kingdom. 2026. С. 509-512 https://sci-

conf.com.ua/vi-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modern-science-trends-challenges-solutions-17-19-01-2026-liverpul-velikobritaniya-arhiv/
4. OECD. OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2025: Driving Change in a Changing World. Paris: OECD Publishing, 2025. DOI: https://doi.org/10.1787/7a1d0c95-en

# DIGITAL SYNCHRONIZATION OF THE CIRCULAR TRANSITION IN UKRAINE

**Derhaliuk Marta**
Doctor of Economic Sciences, Associate Professor
ORCID ID: 0000-0002-9244-1625
Department of Economics and Entrepreneurship
National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine

The post-war recovery of the domestic economy requires the mobilization of immense volumes of raw materials, physical assets, and capital investments. Under contemporary conditions, the traditional linear economic paradigm—based on a simplified sequence of extraction, consumption, and waste accumulation—demonstrates critical inefficiency, resulting in resource scarcity and severe environmental pressure. In this context, transforming the national economy on circular principles serves not only as an environmental imperative but also as a key instrument for ensuring economic resilience, resource security, and global competitiveness of the country during its long-term reconstruction. Digitalization represents a vital driver and technological foundation for this restructuring, creating the prerequisites for transparent monitoring of material flows, optimization of secondary raw material utilization, and integration of industrial enterprises into global ecological value chains.

The integration of digital technologies into circular processes enables a transition to a qualitatively new level of product lifecycle management. Modern automation tools, big data, and network platforms provide the capability to gather real-time information regarding the condition, location, and composition of materials. This establishes a robust analytical foundation for minimizing losses at all production stages—ranging from the initial product design phase (incorporating ease of repair and disassembly) to final recycling and the reintroduction of components into the economic cycle. Consequently, investigating the relationship between digitalization and circular development becomes of paramount importance for formulating effective state economic policies for the sustainable recovery of Ukraine.

The theoretical and methodological foundations for studying digital transformation and environmentally secure development are established in the works of several prominent scholars. Specifically, research by V. V. Leskiv [2] comprehensively analyzes the role of information technologies in forming closed-loop

resource cycles at both micro- and macro-levels, demonstrating the positive impact of digitalization on reducing the material intensity of production. The issues of mutual coordination between environmental and digital reforms in the context of post-war recovery are reflected in the works of O. I. Marchenko and O. V. Hrabin [4], who emphasize the necessity of synchronizing the "green" and "digital" developmental vectors of the national economy. A review of best European practices regarding the application of technological innovations for circular economy needs was conducted by N. H. Metelenko and colleagues [5], who substantiated the efficiency of using information platforms, traceability systems, and digital accounting of raw materials.

At the same time, a comprehensive analysis of the current state of resource use in Ukraine, conducted in UNIDO reports [7], revealed significant structural distortions and low rates of waste recycling, although the digital dimensions of this issue remained overlooked. Despite the presence of substantial scientific groundwork, the problem of quantitatively measuring the systemic impact of digitalization on the pace and depth of the circular transition across the entire economy of Ukraine under post-war reconstruction remains insufficiently addressed and warrants further scientific inquiry.

To investigate the dynamics and relationship between digital development and the circular transition of the national economy, the method of integral modeling was applied. The developed methodological approach is based on a comprehensive analysis of a system of eleven key indicators, distributed across four primary domains: the level of digital maturity in the business sector, the degree of circularity of material flows, infrastructural capacity, and the overall effectiveness of recovery. The calculation of the Integral Digital Circular Transition Index (IDCP) and the Digital Circularity and Sustainable Recovery Index (IDCSR) was performed through the prior normalization of primary indicators (to convert them into a comparable format) and their subsequent weighted aggregation based on expert-determined weight coefficients. This approach enabled a quantitative assessment of the overall progress of transformation and a detailed breakdown of individual factors' contributions to the collective development trajectory.

Calculations performed for the period from 2021 to 2025 demonstrated a steady positive trend in Ukraine’s digital circular development processes. The Integral Digital Circular Transition Index exhibited substantial growth, rising from its baseline value at the beginning of the period to a higher level by the end of the analyzed five-year span. This indicates the successful progression of the national economy beyond the initial stage of transformation and its gradual transition to a medium level of maturity. A similar upward trajectory was observed for the Digital Circularity and Sustainable Recovery Index. The primary driving forces behind this growth were the intensive expansion of targeted ecological investments, the active adoption of modern business process management systems by enterprises, and the extensive penetration of cloud technologies within the corporate sector. Concurrently, a positive influence was exerted by the gradual increase in secondary material utilization in industrial production and the expansion of the regional network of sorting and recycling complexes.

Alongside positive trends, the study revealed a profound internal structural asymmetry: the processes of virtual digitalization of the economy are proceeding at a much faster pace than the real physical changes in the sphere of material resource management. The most problematic area remains the system of municipal and industrial waste utilization and recycling. Despite general technological improvements, the share of waste actually recycled in Ukraine is critically low, lagging the average figures of the European Union countries by nearly tenfold. Furthermore, a significant lag is observed in the practical implementation of modern tools for product lifecycle traceability, such as digital product passports and decentralized blockchain platforms; their application in domestic practice is currently in its infancy, whereas EU countries already actively deploy them to control the movement of secondary raw materials.

Sectoral analysis of the Ukrainian economy in the context of the digital circular transition indicates substantial heterogeneity across different industries. Currently, the most harmonious integration of high digital maturity and circular performance is demonstrated by the agricultural sector, where precision farming technologies and digital crop monitoring systems are successfully combined with the implementation of zero-waste biotechnologies. The construction and waste management sectors possess immense circular potential (due to the feasibility of recycling building materials and demolition waste); however, their development is constrained by the low level of business process digitalization and a deficit of modern material flow accounting systems. Conversely, the energy sector and manufacturing industries are characterized by high levels of automation and digital control but currently exhibit low rates of closed-loop resource cycles, remaining predominantly oriented toward linear consumption.

To overcome the identified imbalances and coordinate the efforts of the state, business, and local communities during the post-war recovery process, the necessity of establishing a National Digital Platform for Circular Recovery is substantiated. This integrated ecosystem should consolidate several interconnected modules, including registries of materials from building demolition, geographic information system (GIS) maps of current secondary raw material locations, systems for issuing digital passports for industrial products, and a specialized marketplace for trading secondary resources. The implementation of such a platform will ensure complete transparency and traceability of material flows, stimulate the development of intersectoral cooperation and industrial symbiosis, and help attract additional green investments to finance modernization projects for industrial enterprises.

The strategic roadmap for implementing this model over the period until 2030 envisages a phased expansion of the scale of digital circular solutions. The first stage involves developing the regulatory framework and launching basic information registries for tracking demolition waste. The second stage aims to scale up the utilization of digital product passports and integrate enterprises into industrial symbiosis platforms. The final stage plans to achieve complete digital traceability of material chains and a significant increase in the share of secondary raw materials within

the structure of production consumption, which will align Ukraine's resource efficiency indicators with European standards.

The conducted study confirms that digitalization acts as a powerful catalyst for the circular transformation of Ukraine's economy in the process of its sustainable post-war recovery. In recent years, the country has demonstrated a positive trend in integral development indicators, transitioning from the initial stage to a phase of active formation of prerequisites for systemic changes. However, a key obstacle on this path remains the profound structural asymmetry, whereby the rapid pace of digital solution dissemination does not find an adequate reflection in actual waste recycling volumes and secondary material utilization rates.

To successfully complete the digital circular transition, it is critical to overcome the infrastructural lag in waste utilization, stimulate the inflow of ecological investments, and ensure reliable digital traceability of material flows based on the National Digital Platform.

## References

1. Kishchun, A. V., & Voitsekhovska, Yu. V. (2025). Tsyfrovizatsiia ekonomiky Ukrainy v period pisliavoiennoho vidnovlennia: priorytety, vyklyky ta perspektyvy [Digitalization of Ukraine's economy during the post-war recovery period: priorities, challenges, and prospects]. Grail of Science, (53), 404-412. DOI: https://doi.org/10.36074/grail-of-science.20.06.2025.047
2. Leskiv, V. V. (2025). Rol tsyfrovykh tekhnolohii u rozvytku tsyrkuliarnoi ekonomiky [The role of digital technologies in the development of circular economy]. Naukovi perspektyvy [Scientific Prospects], 5(59), 836-850. DOI: https://doi.org/10.52058/2708-7530-2025-5(59)-836-850
3. Lisova, R. V. (2025). ShI-oriientovani biznes-modeli v umovakh tsyrkuliarnoi ekonomiky: ukrainskyi kontekst [AI-driven business models in the circular economy: the Ukrainian context]. Naukovyi visnyk Ivano-Frankivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu. Seriia: Ekonomika ta upravlinnia v naftovii i hazovii promyslovosti [Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. Series: Economics and Management in the Oil and Gas Industry], 1(31), 102-111. DOI: https://doi.org/10.31471/1993-9965-2025-1(31)-102-111
4. Marchenko, O. I., & Hrabin, O. V. (2024). Zelena ta tsyfrova transformatsii ekonomiky Ukrainy: priorytety pisliavoiennoho vidnovlennia [Green and digital transformations of Ukraine's economy: priorities for post-war recovery]. Ekonomika ta suspilstvo [Economy and Society], (59). DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-173
5. Metelenko, N. H., Voronkova, V. H., Ohloblina, V. O., Nikitenko, V. O., & Harbar, H. A. (2025). Tsyfrovi tekhnolohii dlia tsyrkuliarnoi ekonomiky: dosvid YeS dlia Ukrainy [Digital technologies for the circular economy: EU experience for Ukraine]. Humanities Studies, 24(101), 288-300. DOI: https://doi.org/10.32782/hst-2025-24-101-31

6. UNIDO. (2024). Na shliakhu do tsyrkuliarnoi ekonomiky v Ukraini: ohliadovyi stratehichnyi forsait tsyrkuliarnoi ekonomiky v Ukraini: finalnyi zvit [Towards a circular economy in Ukraine: an overview strategic foresight of the circular economy in Ukraine: final report]. Vienna: UNIDO. URL: https://www.eu4environment.org/app/uploads/2024/07/CE-Foresight_UKR-FF-online.pdf (accessed: 10.07.2026).
7. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). (2024). Tsyrkuliarna ekonomika dlia promyslovoho rozvytku Ukrainy: bazove doslidzhennia [Circular economy for industrial development of Ukraine: a baseline study]. Vienna: UNIDO. URL: https://www.recpc.org/wp-content/uploads/2024/08/Baseline-Report_UKR-web.pdf (accessed: 10.07.2026).

**DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.001.67-69**

# ВИРОБНИЦТВО, РОЗПОДІЛ, ОБМІН І СПОЖИВАННЯ ЯК ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНІ ЕЛЕМЕНТИ ЕКОНОМІЧНОГО КРУГООБІГУ

**Урбан Володимир Анатолійович**
незалежний дослідник, підприємець
Україна

Виробництво, розподіл, обмін і споживання традиційно описують як послідовні стадії економічного процесу. Така схема є зручною для початкового пояснення, але вона лише частково відображає реальну економічну взаємодію. Підприємство, створюючи продукт, одночасно купує проміжні товари й послуги, виплачує доходи працівникам та власникам капіталу і формує пропозицію для інших суб'єктів. Домогосподарство отримує дохід, частину його витрачає, частину заощаджує, а через свої рішення впливає на попит, фінансові потоки й майбутні плани виробників. Тому ці процеси доцільніше аналізувати не як лінійну послідовність, а як взаємопов'язані елементи економічного кругообігу.

Таке бачення відповідає логіці System of National Accounts 2025. У системі національних рахунків виробництво, формування доходів, їх розподіл і перерозподіл, використання доходу, нагромадження та фінансові операції представлені як узгоджена послідовність рахунків [1]. Це дозволяє простежити, як економічний результат змінює форму: додана вартість, створена у виробництві, формує доходи економічних суб'єктів, доходи використовуються на споживання або заощадження, а заощадження пов'язується зі змінами активів і зобов'язань. Важливим є не саме механічне чергування стадій, а перехід одного економічного потоку в інший.

Виробництво вже на своєму початковому етапі передбачає значний обсяг обміну. Класичний внесок В. Леонтьєва полягає у формалізації міжгалузевої взаємозалежності: випуск одних галузей використовується іншими як витрати виробництва [2]. Електроенергія, метал, транспортні послуги, програмне забезпечення або професійні послуги можуть бути кінцевим результатом діяльності одного виробника і водночас ресурсом для іншого. Отже, обмін не починається лише після завершення виробництва. Він пронизує сам процес створення продукту, оскільки сучасне виробництво базується на спеціалізації та постійному переміщенні ресурсів між економічними суб'єктами.

З цієї причини обмін складно визначити як окрему точку між розподілом і споживанням. Підприємства купують фактори виробництва та проміжні товари, домогосподарства продають працю і купують товари та послуги, держава здійснює закупівлі, стягує податки й проводить трансферти, а фінансові установи забезпечують рух коштів між секторами. Змінюються об'єкти операцій та їхні учасники, проте економічна функція обміну залишається спільною: він дає змогу узгоджувати рішення суб'єктів, кожен з яких контролює лише частину ресурсів, необхідних для реалізації власних цілей.

Не менш важливим є зв'язок між виробництвом і формуванням доходів. Створена додана вартість переходить у різні форми первинних доходів, після чого податки, соціальні виплати та інші трансферти змінюють фінансове становище окремих секторів і домогосподарств. Водночас одного агрегованого показника доходу недостатньо, щоб зрозуміти подальшу поведінку економіки. У методології OECD щодо розподільчих результатів національних рахунків доходи, споживання та заощадження аналізуються для різних груп домогосподарств, оскільки однакові загальні показники можуть приховувати значні відмінності у фінансовому становищі населення [3].

Саме тут розподіл доходів починає впливати на наступне коло економічних рішень. Однакова додаткова сума доходу не обов'язково буде використана однаково різними домогосподарствами. Їхні рішення залежать, зокрема, від накопиченого багатства, віку та очікуваних ресурсів протягом життя. У роботі А. Андо та Ф. Модільяні, присвяченій гіпотезі життєвого циклу, споживання і заощадження розглядаються у зв'язку з ресурсами, доступними людині протягом життя, а не лише з доходом одного поточного періоду [4]. Це показує, що використання доходу є міжчасовим вибором, а не автоматичним поділом на фіксовані частки споживання і заощадження.

Подальші дослідження показують, що реакція споживання на зміну доходу також є неоднорідною. К. Керролл, Й. Слачалек, К. Токуока та М. Вайт пов'язують відмінності у граничній схильності до споживання з рівнем багатства та іншими характеристиками фінансового становища домогосподарств [5]. Це має принципове значення для розуміння економічного кругообігу: однаковий приріст сукупного доходу може створити різний приріст споживчого попиту залежно від того, між ким саме цей дохід розподілений. Отже, розподіл є не лише результатом виробництва, а й одним із факторів майбутнього попиту.

Після розгляду цих підходів заощадження доцільно сприймати не як кошти, що «випадають» з економічного процесу, а як зміну способу використання доходу. Для домогосподарства це може означати накопичення депозиту, придбання фінансових активів або скорочення боргу. Подальший рух цих коштів залежить від рішень банків, інвесторів, держави та інших учасників фінансової системи, тому між рішенням заощадити і конкретною інвестицією підприємства немає автоматичного прямого зв'язку.

Так само споживання не є кінцевою точкою, після якої економічний процес завершується. Поточний попит впливає на продажі, запаси та очікування підприємств, а отже — на їхні наступні рішення щодо обсягів виробництва, зайнятості й інвестицій. Водночас структура попиту формується не лише витратами домогосподарств: на неї впливають рішення бізнесу, держави та зовнішніх контрагентів. У результаті використання створеного доходу стає одним із каналів, через які результати поточного періоду впливають на наступний.

Проведений аналіз показує, що поділ економічного процесу на виробництво, розподіл, обмін і споживання має передусім аналітичне значення. У практичній взаємодії ці процеси накладаються один на одного: виробництво одночасно створює доходи й потребує обміну ресурсами, розподіл доходів впливає на структуру попиту, а рішення щодо споживання і заощадження змінюють умови наступного періоду. Тому наслідки зміни одного елемента доцільно оцінювати з урахуванням його подальшого поширення через інші складові економіки.

## Список використаних джерел

1. System of National Accounts 2025. New York : United Nations, 2025. 1260 p. URL: https://unstats.un.org/unsd/nationalaccount/sna2025.asp (дата звернення: 21.08.2026).
2. Leontief W. W. Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. The Review of Economics and Statistics. 1936. Vol. 18, No. 3. P. 105–125. DOI: 10.2307/1927837.
3. OECD. OECD Handbook on the Compilation of Household Distributional Results on Income, Consumption and Saving in Line with National Accounts Totals. Paris : OECD Publishing, 2024. 203 p. DOI: 10.1787/5a3b9119-en.
4. Ando A., Modigliani F. The "Life Cycle" Hypothesis of Saving: Aggregate Implications and Tests. The American Economic Review. 1963. Vol. 53, No. 1. P. 55–84. URL: https://www.jstor.org/stable/1817129 (дата звернення: 21.08.2026).
5. Carroll C. D., Slacalek J., Tokuoka K., White M. N. The Distribution of Wealth and the Marginal Propensity to Consume. Quantitative Economics. 2017. Vol. 8, No. 3. P. 977–1020. DOI: 10.3982/QE694.

DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.002.70-73

# ECOSYSTEM MODELS FOR THE INTERNATIONAL EXPANSION OF BEAUTY BRANDS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND EXPERT COMMUNITIES

**Korol Kateryna**
Master's degree in Marketing, Founder
INKOZA LLC, exclusive distributor in the USA of Atache Dermatological Care (Asacpharma)
960 Vernon Ct, Vernon Hills, IL 60061, USA
ORCID: https://orcid.org/0009-0000-6666-8917

**Introduction.** Contemporary beauty brands increasingly rely on social media, digital platforms, personalized recommendations, and direct communication channels. Traditional international expansion models based on sequential geographic growth through distributors and retail networks require substantial resources and do not always provide the speed of adaptation needed in foreign markets.

Research on online consumer behavior confirms the importance of trust, social influence, and peer recommendations in purchase decisions (Chaudhary et al., 2024). The global beauty market continues to evolve (McKinsey & Company, 2025), while e-commerce expands opportunities for cross-border sales (United Nations Conference on Trade and Development [UNCTAD], 2024). At the same time, AI tools provide additional capabilities for personalization and consumer behavior analysis (Lo et al., 2025).

Against this backdrop, an ecosystem approach integrates technological, marketing, analytical, and organizational components. Integrating AI with digital communities and localized communication channels is particularly important. The effectiveness of this approach depends on data quality, the fit between the value proposition and audience needs, and trust in communication channels (Garg & Bakshi, 2024; Rizomyliotis et al., 2024).

**Aim and objectives of the study.** The study aims to develop an approach to the international expansion of beauty brands through an ecosystem model integrated with artificial intelligence and expert communities.

The objectives are to design the architecture of the ecosystem model, systematize its components and AI tools, identify key metrics, define expected outcomes, and formulate recommendations for applying the model to international expansion.

**Results and discussion.** The proposed ecosystem model combines ten interrelated components, E0–E9, covering digital sales, personalization, communities, micro-influencer marketing, analytics, communications, social media, logistics, and regulatory compliance. Their integration creates a unified system of brand-consumer interaction across the customer journey (Table 1).

Table 1 – Structure of the Ecosystem Model for the International Expansion of Beauty Brands

| Component | Primary function | AI tools | Key metrics | Expected outcome |
|---|---|---|---|---|
| E0. Core D2C platform | Product catalog and order management system | None | Conversion rate; AOV | Direct sales without intermediaries |
| E1. Personalized recommendations | Individualized product offering | Recommender systems; collaborative filtering | Click-through rate; LTV | 40–60% increase in LTV* |
| E2. Community management | Development of digital communities | NLP-based sentiment analysis; CRM | Engagement rate; community size | 15–25% organic monthly growth* |
| E3. Micro-influencer marketing | Localized audience acquisition | Influencer identification; ROI tracking | CAC; ROAS; influencer reach | CAC of USD 10–30; ROAS of 3:1–5:1* |
| E4. Behavioral analytics | Customer journey analysis | Predictive analytics; heat mapping; A/B testing | Conversion rate; churn rate | 20–35% improvement in funnel performance* |
| E5. User-generated content | Social proof and trust | AI-assisted moderation; content filtering | UGC volume; authenticity score | 50+ UGC items per month* |
| E6. Email and push marketing | Repeat customer communication | AI-based send-time and content personalization | Open rate; click-through rate | Open rate of 30–40%; ROAS of 2:1–3:1* |
| E7. Social media | Digital audience engagement | Scheduling; hashtag optimization; trend detection | Follower growth; share of voice | 20–40% monthly growth* |
| E8. Logistics and D2C delivery | Inventory and order fulfillment | Inventory management; supply chain optimization | Delivery time; return rate | Delivery within 2–3 days; return rate below 5%* |
| E9. Regulatory compliance | Data protection and compliance | GDPR and local compliance systems; encryption | Data breach incidents; compliance score | Zero critical violations* |

Note. Quantitative values are presented as target benchmarks and require validation using data from a specific brand and target market.

The core direct-to-consumer (D2C) platform, E0, enables direct brand-consumer interaction and the accumulation of engagement data. Building on this infrastructure, E1 uses recommender systems to create individualized product offerings (Lo et al., 2025). E2 focuses on digital community development, while natural language processing (NLP) tools can support sentiment analysis. E3 provides localized communication through micro-influencers; research in the beauty segment confirms the importance of credibility, trust, and audience interaction (Garg & Bakshi, 2024; Rizomyliotis et al., 2024).

E4 supports customer journey analytics, including A/B testing and behavioral forecasting. E5 uses user-generated content (UGC) as a source of social proof. E6 and E7 deliver personalized communication through email, push channels, and social media. The effectiveness of these components should be assessed using customer acquisition cost (CAC), customer lifetime value (LTV), return on advertising spend (ROAS), conversion rate, and retention rate based on actual brand-level data.

E8 links digital sales with physical order fulfillment. Inventory management and supply chain optimization are particularly important for international expansion because delivery delays and high return rates affect the customer experience and sales unit economics. E9 provides the regulatory infrastructure required for data protection and compliance in target markets.

Dependence on external digital platforms also creates ecosystem risks. Changes in platform algorithms or terms of service may affect brand access to target audiences and customer acquisition costs. Brands should therefore develop owned digital assets, including customer relationship management (CRM) systems, proprietary email lists, loyalty programs, and brand-owned communities.

**Conclusions.** The proposed ecosystem model for the international expansion of beauty brands integrates ten components, E0–E9, ranging from a D2C platform and AI-enabled personalization to community management, micro-influencer marketing, analytics, logistics, and regulatory compliance. Their integration establishes a unified system of consumer interaction and provides a foundation for adapting the brand to international markets.

The model's principal advantage is the integration of digital sales, personalization, community engagement, and behavioral analytics. The quantitative indicators presented are target benchmarks and require empirical validation using data from specific brands.

Further research should test the model and estimate the effects of its individual components on CAC, LTV, ROAS, and retention rates across international markets with different levels of digital maturity.

## References

1. Chaudhary, V., Sharma, A., & Yadav, M. (2024). Exploring the impact of trust, social influence, and peer recommendation on buying behavior in online shopping: A structural equation modeling approach. Educational Administration: Theory and Practice, 30(4), 466–476. https://doi.org/10.53555/kuey.v30i4.1491

2. Garg, M., & Bakshi, A. (2024). Exploring the impact of beauty vloggers' credible attributes, parasocial interaction, and trust on consumer purchase intention in influencer marketing. Humanities and Social Sciences Communications, 11, 235. https://doi.org/10.1057/s41599-024-02760-9
3. Lo, H.-C., Chang, W.-J., & Chen, I.-H. (2025). From purchase to return: How personalized e-commerce recommendations shape consumer behavior. Journal of Retailing and Consumer Services. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969698925002383
4. McKinsey & Company. (2025). The state of beauty 2025: Solving a shifting growth puzzle. https://www.mckinsey.com/industries/consumer-packaged-goods/our-insights/state-of-beauty-2025
5. Rizomyliotis, I., Lin, C. H., Konstantoulaki, K., & Phan, T. (2024). TikTok short video marketing and Gen Z's purchase intention: Evidence from the cosmetics industry in Singapore. Journal of Asia Business Studies, 18(4), 930–945. https://doi.org/10.1108/JABS-04-2023-0138
6. United Nations Conference on Trade and Development. (2024). Business e-commerce sales and the role of online platforms. UN Trade and Development. https://unctad.org/system/files/official-document/dtlecde2024d3_en.pdf

## Section: Finance and Banking

# CYBERSECURITY OF PAYMENT INFRASTRUCTURE IN THE CONTEXT OF HYBRID WARFARE

**Krylova Olena**
Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor
**Romanishyna Yuliia**
Third-year Bachelor's student
Department of Economic Analysis and Finance
Dnipro University of Technology, Ukraine

The financial sector's high level of digital integration means that the continuity of payment services depends critically not only on the reliability of financial institutions' internal systems, but also on the functioning of a broad network of interconnected information and communication technologies (ICT). Government registries, energy and telecommunications systems, cloud services, and other external technology providers form an infrastructure environment, individual elements of which are not directly part of the payment system but can determine its actual availability. Therefore, a disruption in the operation of a single component of such a network can spread to related processes and cause restrictions on financial services even in the absence of a direct impact on the bank's information systems. This broadens the traditional understanding of cyber security: the assessment should cover not only an individual financial institution but also the interconnected infrastructure ecosystem, which must be capable of maintaining critical functions, containing the impact of disruptions, and restoring operations within an acceptable timeframe. Therefore, the cyber security of the payment infrastructure should be assessed based on an individual institution's ability to counter cyberattacks, the nature of its external dependencies, the potential for cascading effects, and its capacity to maintain critical functions even when several interconnected components are simultaneously compromised.

This issue becomes particularly relevant in the context of a full-scale war, when cyber threats are combined with physical attacks and disruptions to critical infrastructure. In 2025, CERT-UA processed 5,927 cyber incidents, a 37.4% increase from the year before, with government, defense, energy, commercial, and telecommunications structures remaining among the primary targets of the attacks [1]. These data are important not only as evidence of the growing intensity of cyber threats but also as an indicator that risks to the financial sector are emerging within a broader cross-sectoral environment. An attack on an energy, telecommunications, or government information system can create indirect risks to financial services even without direct interference in banking systems. A similar trend can be observed in the European financial sector: ENISA analyzed 488 publicly documented incidents in the financial sector between January 2023 and June 2024 and identified a link between

specific spikes in DDoS attacks and geopolitical events, particularly those related to the war in Ukraine (Figure 1) [2]. Thus, risks to payment infrastructure may originate outside the financial sector, making the resilience of critical financial functions dependent on the interconnectedness and reliability of the broader infrastructure.

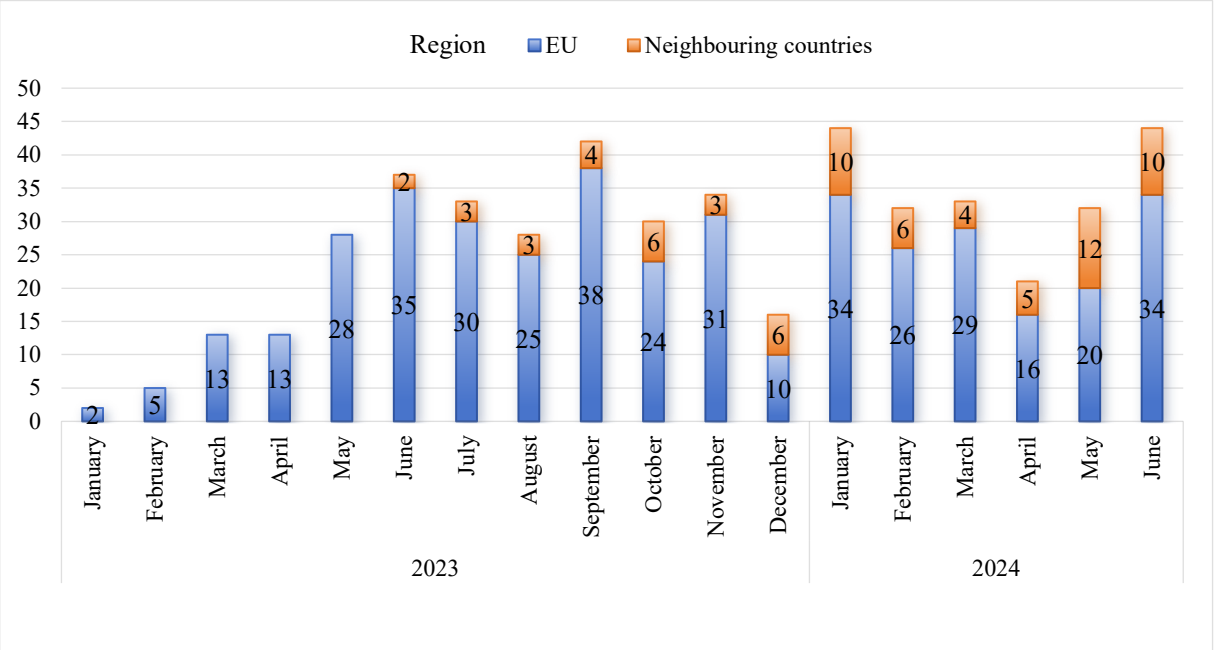



Figure 1: Incidents observed per month (January 2023 to June 2024) [2]

The European regulatory model for digital operational resilience addresses exactly this issue. Regulation (EU) 2022/2554 (DORA, Digital Operational Resilience Act) takes effect on January 17, 2025, and recognizes the interdependence of financial institutions, their ICT systems, and external technology providers as a source of potential systemic risk to the financial sector [3]. At the same time, the very existence of a regulatory framework does not guarantee its practical effectiveness in an environment where the operation of several interconnected infrastructure components is disrupted simultaneously. In this context, Ukraine's wartime experience is of particular practical interest, as it allows for an examination of how payment infrastructure functions under the long-term and combined impact of cyber threats, physical attacks, and disruptions to critical infrastructure. The Ukrainian experience thus provides an empirical basis for assessing how the principles of digital operational resilience function beyond the scenario of an isolated ICT incident.

The aim of this study is to identify the key factors of cyber security of Ukraine's payment infrastructure in wartime and to assess the practical significance of Ukraine's experience for the development of digital operational resilience in the European Union's financial sector. The study focuses on analyzing financial institutions' critical dependencies on external ICT systems and infrastructure facilities, as well as mechanisms for ensuring the continuity and recovery of payment services in the event of large-scale and combined disruptions.

Ukraine's experience shows that the stability of the payment infrastructure depends to a large extent on the financial sector's ability to quickly adapt its organizational, regulatory, and technological mechanisms to the nature of the threats. According to the Atlantic Council, during the full-scale war, the National Bank of Ukraine strengthened the financial sector's response capacity by creating a specialized incident response department, promptly updating regulatory requirements, and coordinating with law enforcement agencies [4]. A telling example of technological adaptation is the experience of PrivatBank, which migrated its systems to the cloud within 45 days of the start of the full-scale invasion, reducing the dependence of critical operations on physical infrastructure [5]. This example demonstrates that, in wartime conditions, digital transformation can serve as a mechanism for operational stability: changing the technological architecture becomes a tool for reducing physical and operational risk. The combination of these practices demonstrates the systemic nature of cyber resilience. Ensuring cyber resilience depends on the coordinated efforts of regulators, financial institutions, and other infrastructure stakeholders, as well as on the ability to rapidly adapt organizational and technological solutions in response to evolving threats. Therefore, key characteristics of resilience include not only the level of system security but also the speed of decision-making, infrastructure adaptation, coordination, and the restoration of critical services**.**

At the same time, wartime conditions are changing the standards for determining the criticality of certain digital payment services. A telling example is the large-scale DDoS attack on Monobank, which primarily focused on the service for collecting donations to support the Armed Forces of Ukraine. According to the bank, the volume of unwanted traffic during the attack reached 7.5 billion requests per second, whereas during a previous attack, about 580 million requests were recorded over three days [6]. Despite the scale of the attack, the main banking services continued to function. This case demonstrates that cyber security should be assessed not only by the fact that an attack was repelled, but also by the ability to maintain the operation of socially significant services. A digital payment service can serve as critical infrastructure when it is used to quickly accumulate funds for defense or humanitarian needs. Therefore, the impact of its unavailability should be assessed based on the service's functional criticality, not just its technical characteristics or direct financial losses.

It is useful to view the comparison of Ukraine's experience with DORA's approaches as a comparison of a regulatory model with its practical implementation amid a large-scale crisis. DORA establishes a European framework for digital operational resilience, while the Ukrainian experience allows us to see how these principles function under the simultaneous impact of cyber threats, physical attacks, and disruptions to critical infrastructure. Banks' dependence on external digital resources and infrastructure is directly linked to DORA's provisions for managing ICT risks and risks posed by third-party ICT providers [3]. The practice of maintaining the continuity of critical services during cyberattacks aligns with the DORA framework, which encompasses detection, response, and recovery from ICT incidents [3]. At the same time, the Ukrainian experience expands on this framework, demonstrating the

need to account for the simultaneous impact of cyber, physical, and infrastructure disruptions. Cooperation between the regulator, financial institutions, the CSIRT, and other participants in the response system also demonstrates the practical dimension of coordination and information sharing regarding cyber threats [3]. Thus, the value of Ukraine's experience for the EU lies not in replacing the DORA regulatory model, but in its practical stress testing under the conditions of a real, complex crisis**.**

The analysis allows us to identify three key findings. First, the cyber resilience of the payment infrastructure depends on the stability of external ICT systems and critical infrastructure, on which the availability and continuity of financial services depend. Second, resilience to combined threats is built through infrastructure adaptation, speed of decision-making, interagency coordination, and the ability to recover. Third, the criticality of digital payment services is determined not only by their financial purpose but also by their functional role for society during a crisis. Therefore, assessing cyber resilience must take into account the structure of external dependencies, the system's ability to adapt and recover, as well as the functional significance of the services it provides.

The results have practical implications for financial institutions, regulators, and European policy on digital operational resilience. Financial institutions should expand their assessment of ICT risks beyond their own technological perimeter: identify critical dependencies on government information systems, telecommunications, energy, and cloud services, and model scenarios involving the simultaneous disruption of several interconnected components. For regulators, a key focus is scenario-based and stress testing of the payment infrastructure as an interconnected ecosystem, taking into account cascading effects, dependencies on critical ICT providers, physical damage to infrastructure, and mechanisms for inter-institutional coordination. For the European financial sector, Ukraine's experience provides a practical foundation for testing DORA scenarios in the context of a large-scale and combined crisis. Of particular value is the ability to expand digital operational resilience scenarios from isolated ICT incidents to situations involving the concurrent disruption of technological, energy, telecommunications, and other critical components**.**

In this way, the cyber security of the payment infrastructure in wartime should be understood as a characteristic of an interconnected infrastructure ecosystem that is capable of maintaining critical financial functions in the face of large-scale and combined disruptions. Key factors include external ICT dependencies, infrastructure adaptability and redundancy, the speed of management decisions, interagency coordination, and the ability to recover. DORA provides the regulatory framework for digital operational stability, while Ukraine's experience demonstrates the limits of its application and the mechanisms for its implementation in the context of a complex crisis combining cyber threats, physical attacks, and disruptions to critical infrastructure. This substantiates the need to expand the scenarios for assessing digital operational resilience from isolated ICT incidents to complex scenarios involving the interdependent disruption of financial and critical infrastructure.

**References**

1. CERT-UA Processed Nearly 6,000 Cyber Incidents in 2025: Hostile Attack Volume Rose by 37%. [Electronic resource]. // State Service of Special Communications and Information Protection of Ukraine : official website. - 07.01.2026. - Available at: https://surl.li/wpwjvr
2. Theocharidou M., Lella I., Naydenov R., Malatras A. ENISA Threat Landscape: Finance Sector, January 2023 to June 2024. [Electronic resource]. // European Union Agency for Cybersecurity. - 2024. - Available at: https://surl.li/daqayl
3. Regulation (EU) 2022/2554 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 on digital operational resilience for the financial sector (DORA). [Electronic resource]. // Official Journal of the European Union. - 27.12.2022. - Available at: https://surl.li/gyzrby
4. Bakalinskyi O., McDonough M. Ukraine's wartime experience provides blueprint for infrastructure protection. [Electronic resource]. // Atlantic Council : UkraineAlert. - 08.12.2025. - Available at: https://surl.li/heqvym
5. Bjorknert M. Banking Under Fire: The Math of Stability Learned by Ukraine's Financial Sector. [Electronic resource]. // Kyiv Post. - 01.08.2026. - Available at: https://www.kyivpost.com/opinion/81520
6. Antoniuk D. Ukrainian bank's service for military donations targeted by "massive" DDoS attack [Electronic resource]. // The Record. - 19.08.2024. - Available at: https://therecord.media/ukraine-monobank-ddos-attack-donations

# ВПЛИВ ІННОВАЦІЙНИХ ФІНАНСОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА КАПІТАЛІЗАЦІЮ СУБ'ЄКТІВ МАЛОГО БІЗНЕСУ

**Круш Вікторія**
старший викладач
Кафедра корпоративних фінансів і контролінгу
Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана, Україна

Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується швидким поширенням фінансових технологій, які суттєво змінюють традиційні механізми фінансування підприємницької діяльності. Особливо важливе значення ці процеси мають для суб'єктів малого бізнесу, які традиційно мають обмежені можливості залучення банківського кредитування та інвестиційного капіталу через недостатність заставного майна, коротку кредитну історію, інформаційну асиметрію та порівняно високі витрати фінансових установ на оцінювання невеликих позичальників. На сьогодні, до інноваційних фінансових технологій належать FinTech-платформи, алгоритмічне кредитування, штучний інтелект, цифрові платежі, краудфандинг, P2P-кредитування, open banking, embedded

finance та blockchain. Активне впровадження зазначених фінансових технологій та їх поширення створює принципово нові можливості для подолання зазначених обмежень фінансування бізнес-діяльності суб'єктів малого підприємництва.

У контексті малого бізнесу поняття капіталізації доцільно розглядати ширше, ніж біржову ринкову капіталізацію, оскільки більшість малих підприємств не мають акцій, що вільно торгуються на фондовому ринку. Капіталізація такого підприємства відображає його економічну вартість, обсяг власного та залученого капіталу, вартість чистих активів, здатність генерувати майбутні грошові потоки та інвестиційну привабливість. Отже, вплив фінансових технологій на капіталізацію проявляється через два основні канали: збільшення очікуваних грошових потоків підприємства та зменшення вартості залучення капіталу.

У спрощеному вигляді вартість бізнесу можна представити як:

$$V = \Sigma\, FCF_t / (1 + WACC)^t, \quad (1)$$

де V — вартість підприємства; FCF — майбутній вільний грошовий потік; WACC — середньозважена вартість капіталу. Таким чином, технології, які сприяють збільшенню доходів і прибутковості, оптимізації витрат, прискоренню оборотності коштів або зниженню вартості фінансування, за інших рівних умов формують передумови для зростання вартості малого підприємства.

Першим важливим каналом впливу FinTech на капіталізацію є розширення доступу малого бізнесу до зовнішнього фінансування. Bani Atta [1] на основі опитування 383 власників малих і середніх підприємств встановив значний позитивний вплив фінтех-платформ на доступ підприємств до фінансових ресурсів. Альтернативні механізми, зокрема P2P-кредитування та краудфандинг, зменшують залежність підприємця від класичного банківського кредиту та створюють можливості залучення коштів підприємствами, які мають недостатній обсяг традиційного забезпечення.

Ще більш показовими є результати Beaumont, Tang та Vansteenberghe [4], які досліджували використання незабезпечених FinTech-кредитів малими підприємствами Франції. Автори встановили, що після отримання FinTech-позики обсяг банківського кредитування підприємств зростав приблизно на 13%. Механізм полягає в тому, що підприємство використовує незабезпечений цифровий кредит для придбання нових активів, які згодом можуть стати заставою для отримання традиційного банківського фінансування. Таким чином, FinTech-кредит не обов'язково замінює банківський кредит, а здатен доповнювати його та збільшувати загальну боргову спроможність малого підприємства.

Другим каналом є підвищення ефективності фінансування. Guan, Sun, Wu та Sun [2] дослідили 757 малих і середніх інноваційних підприємств та встановили, що розвиток FinTech посилює позитивний ефект фінансування ланцюгів постачання на ефективність фінансування малого бізнесу. Використання великих масивів даних, цифрового документообігу та автоматизованого оцінювання ризику дозволяє фінансовим установам краще

оцінювати реальний стан підприємства, зменшуючи роль традиційної застави та інформаційної асиметрії.

Це має безпосереднє значення для капіталізації. Скорочення часу отримання фінансування, зменшення трансакційних витрат та зниження премії за ризик дозволяють малому підприємству реалізовувати більшу кількість інвестиційних проєктів. Одночасно зменшується ймовірність дефіциту оборотного капіталу, який часто стає однією з основних причин уповільнення розвитку малого бізнесу.

Третім напрямом впливу є цифровізація фінансових операцій та зростання прибутковості підприємства. Pereira, Omar, Gafur та Mussá [5] у дослідженні 2026 року проаналізували 186 французьких та 224 британських малих і середніх підприємства. Встановлено, що впровадження FinTech позитивно впливає на інноваційну активність, тоді як використання цифрових фінансів британськими підприємствами сприяє підвищенню прибутковості внаслідок скорочення трансакційних витрат та покращення доступу до фінансових ресурсів.

Цифрові платіжні системи також прискорюють надходження грошових коштів, спрощують контроль дебіторської заборгованості та забезпечують підприємцю інформацію про грошові потоки в режимі, наближеному до реального часу. На наступному етапі embedded finance дозволяє інтегрувати платежі, кредитування, страхування та інші фінансові послуги безпосередньо в нефінансові цифрові платформи. Langley та Leyshon [8] характеризують embedded finance як тенденцію, за якої фінансові функції дедалі глибше вбудовуються у звичайні цифрові бізнес-процеси. Для малого підприємства це означає скорочення операційних бар’єрів та можливість автоматизувати значну частину фінансового управління.

Четвертим фактором є штучний інтелект та алгоритмічна обробка фінансових даних. Сучасні AI-моделі дозволяють прогнозувати грошові потоки, оцінювати кредитний ризик, виявляти аномальні транзакції, автоматизувати бухгалтерські операції та підтримувати управлінські рішення. Дослідження Atashi Asemanjerdi та співавторів [6], опубліковане у 2026 році, показало статистично значущий позитивний вплив як FinTech, так і штучного інтелекту на фінансові результати підприємств. Водночас автори наголошують, що ефект технологій значною мірою залежить від здатності компанії своєчасно визначати технологічні можливості та інтегрувати їх у власну бізнес-модель.

Окреме значення має вплив фінансових технологій на інноваційну складову вартості підприємства. Wang, Yao, Ge та Wang [3] встановили позитивний зв’язок між розвитком цифрових інклюзивних фінансів та інноваційною активністю малих і середніх підприємств. Отриманий ефект був статистично значущим на рівні 1 %. Для малого бізнесу інновації можуть формувати нематеріальні активи, зокрема програмне забезпечення, торговельну марку, клієнтську базу, технологічні рішення, бази даних і ноу-хау. Саме такі активи дедалі частіше визначають ринкову вартість сучасного підприємства навіть за відносно невеликої балансової вартості його матеріальних ресурсів.

Узагальнення основних каналів впливу фінансових технологій на економічну вартість малого підприємства наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Механізм впливу FinTech на капіталізацію малого бізнесу

| **Етап впливу** | **Зміст впливу FinTech** | **Результат для капіталізації** |
|---|---|---|
| 1. Доступ до фінансування | Цифрове кредитування, P2P-кредитування, краудфандинг та альтернативний скоринг розширюють можливості залучення коштів для підприємств, яким складніше отримати традиційний банківський кредит. | Збільшення обсягу доступного позикового та інвестиційного капіталу. |
| 2. Інвестування у розвиток бізнесу | Залучені кошти можуть спрямовуватися на обладнання, технології, оборотний капітал, маркетинг і створення нових продуктів. | Зростання активів, виробничих можливостей та потенціалу майбутніх доходів. |
| 3.Підвищення операційної ефективності | Цифрові платежі, автоматизація фінансових операцій та embedded finance скорочують трансакційні витрати і прискорюють рух коштів. | Підвищення прибутковості та збільшення майбутніх грошових потоків. |
| 4.Зниження інформаційної асиметрії | Використання цифрових даних, open banking та алгоритмічної оцінки ризику дає кредиторам точнішу інформацію про фінансовий стан малого підприємства. | Зменшення премії за ризик і потенційне зниження вартості залученого капіталу. |
| 5.Зростання економічної вартості | Поєднання вищих очікуваних грошових потоків із більш доступним фінансуванням посилює фінансову стійкість і інвестиційну привабливість підприємства. | Підвищення економічної вартості та капіталізації малого бізнесу. |

*дані сформовано автором

Водночас використання інноваційних фінансових технологій не гарантує автоматичного збільшення капіталізації. Важливим обмежувальним фактором залишається недостатня цифрова фінансова грамотність власників і менеджерів. Zaimovic та співавтори [7] встановили, що лише 38 % досліджених менеджерів мікро-, малих і середніх підприємств досягали цільового рівня цифрової фінансової грамотності, а її підвищення позитивно пов’язане із фактичним використанням FinTech.

Крім того, цифровізація формує нові ризики: кібератаки, витоки комерційних і персональних даних, алгоритмічні помилки при оцінюванні кредитоспроможності, залежність від зовнішніх цифрових платформ та регуляторну невизначеність. Надмірно спрощений доступ до цифрових кредитів також може стимулювати надмірне боргове навантаження. Тому позитивний вплив FinTech на капіталізацію виникає насамперед за умови економічно обґрунтованого використання залученого капіталу та належного управління фінансовими і технологічними ризиками.

Для українського малого бізнесу використання проривних фінансових технологій має особливе значення. В умовах обмеженості традиційного довгострокового фінансування цифрові платіжні інструменти, дистанційна ідентифікація, open banking, альтернативний скоринг, фінансування на основі фактичних транзакцій, цифровий факторинг та embedded finance потенційно можуть зменшувати фінансові обмеження підприємств. Важливою перевагою стає можливість оцінювати позичальника не лише на основі матеріальної застави, а й за цифровим слідом бізнесу: оборотами, регулярністю платежів, податковими даними, історією продажів та іншими показниками операційної діяльності.

Таким чином, інноваційні фінансові технології стають не лише інструментом оптимізації розрахунків, а й фактором формування вартості малого бізнесу. Їх позитивний вплив на капіталізацію реалізується через розширення доступу до капіталу, підвищення ефективності фінансування, скорочення трансакційних витрат, збільшення прибутковості, стимулювання інновацій та ефективне використання матеріальних і нематеріальних активів. Варто зазначити, що найбільший ефект для суб'єктів малого бізнесу виникає тоді, коли фінансові технології поєднуються з достатнім рівнем цифрової фінансової грамотності, ефективним управлінням та здатністю підприємства трансформувати доступні фінансові ресурси у працюючий капітал. У перспективі саме така взаємодія може стати одним із ключових механізмів підвищення інвестиційної привабливості та капіталізації суб'єктів малого бізнесу.

## Список використаних джерел

1. Bani Atta A. A. Financial technology platforms and enhancing SME financing in Jordan. Discover Sustainability. 2025. Vol. 6. Article 568. DOI: 10.1007/s43621-025-01345-z.
2. Guan Y., Sun N., Wu S. J., Sun Y. Supply Chain Finance, Fintech Development, and Financing Efficiency of SMEs in China. Administrative Sciences. 2025. Vol. 15, No. 3. Article 86. DOI: 10.3390/admsci15030086.
3. Wang J., Yao Y., Ge H., Wang J. The Impact of Digital Inclusive Finance on SME Innovation. Sustainability. 2025. Vol. 17, No. 8. Article 3633. DOI: 10.3390/su17083633.
4. Beaumont P., Tang H., Vansteenberghe E. Collateral Effects: The Role of FinTech in Small Business Lending. The Review of Financial Studies. 2026. Vol. 39, No. 7. P. 2064–2114. DOI: 10.1093/rfs/hhaf080.
5. Pereira R., Omar M. N., Gafur S., Mussá N. Beyond funding: how digital finance transforms SME innovation. Review of Accounting and Finance. 2026. Vol. 25, No. 3. P. 385–400. DOI: 10.1108/RAF-09-2025-0328.
6. Atashi Asemanjerdi S., Khosraviniya M., de Frutos Madrazo P., Moradi Z., Martín-Cervantes P. A. Examining the Impact of FinTech and Artificial Intelligence on Financial Performance: The Moderating Role of Dynamic Capabilities. FinTech. 2026. Vol. 5, No. 2. Article 45. DOI: 10.3390/fintech5020045.

7. Zaimovic A. et al. The effect of business experience on fintech behavioural adoption among MSME managers: the mediating role of digital financial literacy and its components. Future Business Journal. 2025. DOI: 10.1186/s43093-025-00432-x.
8. Langley P., Leyshon A. Embedded finance and FinTech disappearance. Finance and Society. 2025. P. 1–10. DOI: 10.1017/fas.2025.10020.

**DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.003.83-87**

# ІНВЕСТИЦІЙНІ ПОРТФЕЛІ: ТИПИ, СТРУКТУРА ТА ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ

**Урбан Володимир Анатолійович**
незалежний дослідник, підприємець
Україна

Портфельне інвестування передбачає формування набору активів відповідно до очікуваної дохідності, допустимого ризику та фінансових цілей інвестора. У роботі «Portfolio Selection» Г. Марковіц показав, що ризик портфеля залежить не лише від ризиковості окремих інструментів, а й від взаємозв'язку між їх доходностями [1]. Тому значення має не сама кількість позицій, а те, наскільки вони диверсифіковані та як реагують на однакові ринкові фактори.

На практиці основу більшості портфелів формують акції, облігації, грошові кошти та інструменти грошового ринку, залежно від стратегії можуть додаватися нерухомість, біржові фонди, сировинні та інші активи. Акції використовуються переважно для довгострокового зростання капіталу, облігації для доходу й зниження волатильності, а короткострокові інструменти в свою чергу для підтримання ліквідності. Тому портфельне управління починається з визначення пропорцій між класами активів, а вже потім - з відповідного добору конкретних інструментів [2].

Найбільш зрозумілим практичним поділом є класифікація за співвідношенням ризику та очікуваної дохідності: консервативний, збалансований та агресивний портфелі. Межі між ними не є жорсткими, оскільки профіль портфеля визначається загальною структурою, частками інструментів, строковістю, кредитною якістю, валютною експозицією та рівнем концентрації.

Таблиця 1 – Порівняння портфелів за профілем «ризик–дохідність»

| Критерій | Консервативний | Збалансований | Агресивний |
|---|---|---|---|
| Основний акцент | Збереження капіталу та ліквідність | Баланс стабільності й зростання | Довгострокове зростання капіталу |
| Рівень ризику | Низький / помірно низький | Середній | Високий |

| Критерій | Консервативний | Збалансований | Агресивний |
|---|---|---|---|
| Можливі складові | Державні та якісні корпоративні облігації; грошовий ринок; обмежена частка акцій | Диверсифіковані акції; облігації; грошові кошти; за потреби інші класи активів | Переважно акції; компанії зростання; малі компанії; ринки, що розвиваються; інші волатильні активи |
| Потенційна дохідність | Нижча за рахунок обмеження ризику | Середня | Вища потенційно, але з більшими коливаннями |
| Типовий горизонт | Короткий або середній | Середній або довгий | Переважно довгий |

*узагальнено автором за принципами портфельного управління [2–4]

Консервативний портфель орієнтується передусім на збереження капіталу та контроль коливань. У ньому можуть переважати державні й високоякісні корпоративні облігації, короткострокові боргові інструменти, депозити або інструменти грошового ринку, а частка акцій, якщо вона є, зазвичай виконує допоміжну функцію довгострокового зростання. Збалансований портфель поєднує акції та інструменти з фіксованим доходом так, щоб зростання однієї частини портфеля компенсувалося більшою стабільністю іншої. Агресивний портфель може мати значно вищу частку акцій, у тому числі компаній зростання, малих компаній або активів ринків, що розвиваються, а також інших інструментів із підвищеною волатильністю. Однак «агресивний» не означає недиверсифікований: концентрація в кількох спекулятивних позиціях є окремим ризиком, а не ознакою якісно сформованого портфеля.

Інша класифікація пов’язана не з рівнем ризику, а з тим, який результат очікує отримати інвестор. Портфель збереження капіталу робить акцент на стабільності та ліквідності, портфель доходу - на регулярних грошових потоках від купонів, дивідендів чи інших виплат, портфель зростання - на збільшенні ринкової вартості активів, змішаний портфель намагається поєднати поточний дохід із приростом капіталу. Ці категорії перетинаються з поділом за ризиком. Наприклад, дохідний портфель може бути відносно консервативним, якщо складається з якісних облігацій, але може бути й ризиковим, якщо високий дохід формується за рахунок паперів із низькою кредитною якістю або надмірної концентрації.

Незалежно від типу портфеля ключове значення має розподіл активів. Investor.gov прямо пов’язує відповідний asset allocation із часовим горизонтом та здатністю інвестора переносити ризик [3]. Диверсифікація при цьому має працювати на кількох рівнях: між класами активів, усередині кожного класу, між галузями, емітентами, строками погашення та, за потреби, валютами й географічними ринками. З часом ринкові рухи змінюють початкові ваги, тому портфель потребує ребалансування - повернення структури до обраних орієнтирів, якщо фактичні частки суттєво відхилилися від них [4].

Окремо слід розрізняти тип портфеля та спосіб управління ним. Консервативний чи агресивний портфель може бути як активним, так і пасивним.

Активне управління передбачає відбір конкретних активів і зміну їх ваг на підставі аналізу та очікувань щодо ринку. Пасивне управління переважно відтворює певний індекс або інше наперед визначене правило. Між цими підходами існує велика кількість проміжних моделей, тому на практиці поширене комбіноване управління, коли основа портфеля формується через широкі індексні інструменти, а окремі частини використовуються для активних рішень [5].

Практично це означає, що назва портфеля сама по собі мало говорить про його реальний ризик. Наприклад, дві стратегії, які формально названі збалансованими, можуть істотно відрізнятися: одна може містити переважно державні облігації та акції великих прибуткових компаній, інша - довгострокові корпоративні облігації, акції циклічних секторів і значну валютну експозицію. Тому при оцінюванні портфеля важливо дивитися не тільки на співвідношення акцій та облігацій, а й на кредитну якість боргових паперів, строк до погашення, галузеву й географічну концентрацію, валюту активів та частку ліквідних коштів.

Так само не існує універсального набору інструментів для кожного ризик-профілю. У консервативній стратегії частина акцій може бути виправданою для захисту купівельної спроможності капіталу на тривалому горизонті, тоді як наявність облігацій не робить портфель автоматично низькоризиковим, якщо вони мають низьку кредитну якість або високу чутливість до зміни відсоткових ставок. Отже, класифікація портфеля має спиратися на сукупний ризик його складових, а не на формальну присутність певного класу активів.

Спосіб управління є ще одним окремим виміром. Активність менеджера не визначає сама по собі агресивність портфеля: пасивний фонд, що відтворює широкий ринок акцій, може мати вищу волатильність за активно керований портфель короткострокових облігацій. Тому вибір між активним, пасивним і комбінованим підходами слід розглядати після того, як визначено стратегічну структуру активів і допустимий рівень ризику.

Таблиця 2 – Порівняння способів управління інвестиційним портфелем

| **Критерій** | **Активний** | **Пасивний** | **Комбінований** |
|---|---|---|---|
| Логіка | Відбір активів і зміна ваг на основі аналізу | Відтворення індексу або заданого правила | Пасивне ядро + окремі активні рішення |
| Основні інструменти | Окремі акції, облігації, фонди та інші позиції, відібрані менеджером | Індексні фонди та ETF, що відстежують обраний ринок | Індексні інструменти в основі та активні позиції в окремих сегментах |
| Операційна активність | Вища | Зазвичай нижча | Середня |
| Перевага | Гнучкість і можливість використати фундаментальний аналіз | Простота, широка диверсифікація та контроль витрат | Поєднання ринкової диверсифікації з вибірковими активними рішеннями |
| Обмеження | Результат залежить від якості аналізу, дисципліни та витрат | Немає мети систематично перевищувати обраний benchmark | Потребує контролю, щоб активна частина не змінювала загальний ризик-профіль |

*узагальнено автором за [5–7]

Активний підхід дає можливість враховувати оцінку конкретного емітента, якість бізнес-моделі, фінансовий стан, прибутковість, боргове навантаження та співвідношення ринкової ціни з фундаментальною вартістю. CFA Institute визначає фундаментальний аналіз як використання інформації про економіку, галузь і компанію для оцінювання вартості цінного папера та порівняння цієї оцінки з ринковою ціною [6]. Для портфеля це важливо тому, що правильний розподіл між класами активів не компенсує придбання слабких або надмірно переоцінених інструментів. Водночас активне управління потребує більшої кількості рішень і, як правило, створює вищі операційні та управлінські витрати; пасивні індексні стратегії зазвичай характеризуються меншою оборотністю та нижчими витратами [7].

Вибір структури не може бути відірваний і від стану економіки. Очікування щодо економічного зростання, інфляції, відсоткових ставок, кредитних умов, валютного курсу та стадії ділового циклу впливають на перспективи різних класів активів. CFA Institute відносить макроекономічний аналіз і формування очікувань щодо ринків капіталу до важливих складових стратегічного розподілу активів [8]. Проте це не означає, що портфель слід постійно перебудовувати слідом за кожним прогнозом. Макроекономічні умови мають доповнювати, а не замінювати довгострокову стратегію, оскільки точне передбачення короткострокових ринкових рухів обмежене невизначеністю.

На практиці ці фактори доцільно розглядати разом, а не як окремі сигнали для механічної зміни портфеля. Наприклад, очікуване зниження ставок може підтримувати вартість частини боргових інструментів, але це не усуває кредитного ризику конкретного емітента. Сильне економічне зростання може бути сприятливим для прибутків компаній, однак висока ринкова оцінка окремої акції здатна зменшити її потенційну привабливість. Саме тому макроекономічна оцінка має поєднуватися з фундаментальним аналізом активів і перевіркою того, яку функцію кожна позиція виконує у портфелі.

У підсумку вибір інвестиційного портфеля не може зводитися до простого рішення між «консервативним», «збалансованим» і «агресивним» варіантами. Вік інвестора має значення, але передусім як один із факторів, що впливає на тривалість інвестиційного горизонту та можливість відновити капітал після несприятливого періоду. Не менш важливими є стабільність доходів, фінансові зобов’язання, резерв ліквідності, цілі, досвід та психологічна здатність переносити тимчасові втрати. Після визначення цих параметрів потрібно оцінювати вже самі активи: їх фундаментальні показники, боргове навантаження емітентів, якість грошових потоків, оцінку відносно ринкової ціни, ліквідність і взаємозв’язок з іншими позиціями. Додатково необхідно враховувати стан економіки, інфляцію, рівень відсоткових ставок, валютні та податкові фактори, а також витрати на управління. Тому універсально найкращого портфеля не існує: раціональною є та структура, яка відповідає конкретному ризик-профілю інвестора, сформована з економічно обґрунтованих активів і може бути переглянута у разі суттєвої зміни особистих або ринкових умов.

**Список використаних джерел**

1. Markowitz H. Portfolio Selection. The Journal of Finance. 1952. Vol. 7, No. 1. P. 77–91. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x.
2. CFA Institute. Portfolio Management: An Overview. CFA Institute. 2026. URL: https://www.cfainstitute.org/insights/professional-learning/refresher-readings/2026/portfolio-management-overview (дата звернення: 21.08.2026).
3. U.S. Securities and Exchange Commission. Asset Allocation and Diversification. Investor.gov. URL: https://www.investor.gov/introduction-investing/getting-started/asset-allocation (дата звернення: 21.08.2026).
4. CFA Institute. Overview of Asset Allocation. CFA Institute. 2026. URL: https://www.cfainstitute.org/insights/professional-learning/refresher-readings/2026/overview-asset-allocation (дата звернення: 21.08.2026).
5. CFA Institute. Overview of Equity Portfolio Management. CFA Institute. 2026. URL: https://www.cfainstitute.org/insights/professional-learning/refresher-readings/2026/overview-equity-portfolio-management (дата звернення: 21.08.2026).
6. CFA Institute. Equity Valuation: Concepts and Basic Tools. CFA Institute. 2026. URL: https://www.cfainstitute.org/insights/professional-learning/refresher-readings/2026/equity-valuation-concepts-basic-tools (дата звернення: 21.08.2026).
7. U.S. Securities and Exchange Commission. Mutual Funds and ETFs: A Guide for Investors. URL: https://www.sec.gov/investor/pubs/sec-guide-to-mutual-funds.pdf (дата звернення: 21.08.2026).
8. CFA Institute. Capital Market Expectations, Part I: Framework and Macro Considerations. CFA Institute. 2026. URL: https://www.cfainstitute.org/insights/professional-learning/refresher-readings/2026/capital-market-expectations-part-i (дата звернення: 21.08.2026).

## Section: Information Technology, Cyber Security and Computer Engineering

# ЕТИКА І ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ У ВИКОРИСТАННІ ШІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВІДКРИТИХ ДАНИХ: РИЗИКИ УПЕРЕДЖЕНОСТІ ТА МЕХАНІЗМИ ВІДПОВІДАЛЬНОГО ВРЯДУВАННЯ ДАНИМИ

**Моторнюк Сергій**
аспірант
Кафедра кібербезпеки та інформаційних технологій
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця, Україна

**Анотація.** У статті здійснено комплексний аналіз етичних ризиків застосування алгоритмів штучного інтелекту для контролю якості відкритих даних у публічному секторі та запропоновано практичі норми відповідального врядування за допомогою даних. Показано, що формальна відкритість не гарантує аналітичної придатності без відтворюваних процесів якості, управління упередженістю та прозорої підзвітності. Обґрунтовано модульну інтеграцію контролю якості у портальні платформи типу CKAN із застосуванням показників FAIR-відповідності, багаторівневих алгоритмічних аудитів, журналювання походження, XAI-пояснень і залучення користувачів. Запропонована архітектура знижує ризики дискримінації та втрати довіри, забезпечуючи вимірювану придатність наборів до повторного використання.

**Ключові слова:** відповідальний ШІ; етика даних; упередженість алгоритмів; відкрита держава; FAIR; CKAN; пояснюваний ШІ; довіра; врядування даними.

**Введення.** Відкриті дані інституціалізувалися як основа цифрового врядування, створюючи умови для прозорості, громадської участі, міжвідомчої інтеграції та розвитку аналітики на базі ШІ. Разом із тим, емпірична практика свідчить: значна частина оприлюднених наборів характеризується неповнотою, розривами у часі, невалідними форматами, семантичною неоднорідністю та слабкими метаданими. Такі дефекти підривають відтворюваність досліджень, ускладнюють інтероперабельність і формують грунт для помилок та упереджених рішень, коли дані слугують тренувальною базою для алгоритмів. Ручні, епізодичні практики очищення та валідації виявляються недостатніми у динамічних публічних середовищах, де обсяги та темпи оновлення перевищують спроможність команд супроводу. На цьому тлі автоматизований контроль якості на базі ШІ постає як необхідність, але водночас як джерело нових етичних ризиків: від непрозорих флагів і помилкових припущень до структурної дискримінації через репрезентативні перекоси в даних. Відповіддю має бути перехід від

декларативного статусу «відкритих» даних до режиму вимірюваної аналітичної придатності, формалізованої у метаданних, показниках якості та публічних звітах, що супроводжують кожен набор даних відповідно до FAIR-принципів.

**Мета та задачі дослідження.** Метою є обґрунтування та опис етично збалансованих механізмів застосування ШІ для контролю якості відкритих даних у публічних системах, які мінімізують ризики упередженості, підвищують прозорість та відтворюваність і, як наслідок, зміцнюють довіру користувачів. Задачі полягають у теоретичному й прикладному окресленні ризиків для довіри та недискримінації, у проєктуванні архітектури процесів і технічних компонентів (із фокусом на CKAN), у визначенні метрик якості та індикаторів FAIR, а також у формуванні методів пояснюваності й публічної звітності.

**Результати дослідження і їх обговорення.** Концептуалний процес відповідального контролю якості даних вибудовується навколо чотирьох вимірів: норм, процесів, технологій і підзвітності. Нормативний вимір задає межі допустимого: політики етики та приватності, принципи privacy-by-design, процедури оцінки впливу на захист даних для чутливих атрибутів, правила де-ідентифікації та повторного використання. Саме тут встановлюються визначення «справедливості» для конкретних контекстів — наприклад, чи вважати релевантною рівність позитивних рішень між групами або ж рівність помилок першого роду. Процесний вимір переводить норми у регулярну практику: визначаються частота перевірок, очікувані рівні повноти та свіжості, правила зміни схем, узгодження словників, порогові значення для сигналів дрейфу. Технологічний вимір конкретизує інструменти: плагіни перевірок для CKAN, моделі для виявлення аномалій, сервіси оцінювання FAIR-індикаторів, модулі XAI, а також API, через який зовнішні системи або аудитори можуть відтворити отримані результати. Нарешті, вимір підзвітності визначає, хто відповідає за набір, хто має право знімати або підтверджувати флаги якості, яким чином громадяни чи дослідники можуть ініціювати обговорення й виправлення, а також як документуються ці дії.

Інтеграція у портали відкритих даних доцільна на рівні подій створення та оновлення наборів. Коли видавець публікує ресурс у CKAN, автоматично спрацьовують перевірки формату, типів полів і відповідності схемі; далі запускається шар семантичної валідації, що звіряє коди зі словниками, відстежує унікальні ключі та перехресні залежності між ресурсами одного набору. Після цього застосовуються статистичні тести на аномалії, виявлення підозрілих розподілів, а також розрахунок показників повноти й свіжості. Якщо набір належить до категорії підвищеного етичного ризику (наприклад, містить атрибути, пов’язані з вразливими групами), додатково обчислюються fairness-індикатори та формується коротке пояснення причин спрацювань. Результатом слугують машинно-читаний звіт, якісний бал набору даних, індикатори FAIR і резюме у вигляді дашборду на сторінці датасету. Користувач бачить не лише кінцеву оцінку, а й логіку її отримання і, відповідно, може відтворити та оскаржити результат.

Окремої уваги заслуговує управління упередженістю. Навіть ідеально

очищені з технічного погляду дані можуть бути структурно нерепрезентативними, якщо механізм їх збирання не охоплює певні спільноти або регіони. Тому попередній аудит має перевіряти, наскільки рівномірним є покриття й чи не фіксуються систематичні пропуски в полях, що впливають на публічні рішення. На етапі експлуатації важливо відслідковувати дрейф — поступові зміни розподілів, які непомітно погіршують якість передбачень або спричиняють перекоси. Реагування не повинно обмежуватися «зняттям флагів»; потрібен пакет дій: оновлення словників, корекція правил імпутації, зміна стратегії вибірки або навіть перегляд логіки збору на рівні первинного процесу.

Пояснюваність є ключем до довіри. Механізми XAI мають повертати як локальні, так і глобальні пояснення. Локальні відповідають на питання, чому конкретний запис або поле «підсвічено» як проблемне: наприклад, відсутність коду адміністративної одиниці при наявності адреси та ідентифікатора вказує на збої у трансформації з однієї номенклатури в іншу. Глобальні пояснення описують загальні закономірності флагів у межах датасету: скажімо, 70% помилок припадає на стовпець «дата оновлення», що свідчить про системний розрив у процесі синхронізації джерел. Контрфактичні приклади підсилюють корисність звіту, пропонуючи конкретні кроки виправлення: додати метадані про джерело, уточнити словник кодів, уніфікувати формат часу.

Узгодження з FAIR-принципами забезпечується через прив’язку метрик якості до вимог знаходжуваності, доступності, інтероперабельності та повторного використання. Повнота і валідність напряму впливають на здатність повторно застосовувати набір без додаткових витрат на доготування; узгодженість між ресурсами й чітка версійність підвищують інтероперабельність; своєчасність оновлення визначає практичну доступність даних у критичних процесах; а детально задокументоване походження зміцнює довіру до висновків, що на них спираються. У тексті таблиці 1 узагальнюються базові категорії якості та пояснюється їхній внесок у кожен із аспектів FAIR; дані сформовано автором на основі типових практик контролю якості.

Таблиця 1 – Ключові категорії якості та їхній внесок у FAIR

| Категорія якості | Приклади метрик | Перевірки/інструменти в конвеєрі | Внесок у FAIR |
|---|---|---|---|
| Completeness (повнота) | частка непорожніх значень; покриття обов’язкових полів; гео/часове покриття | контроль обов’язкових полів; виявлення пропусків; профілювання наборів | R — підвищує придатність до повторного використання завдяки повноті |
| Validity (валідність) | відповідність типам і схемі; коректність кодів класифікаторів; формат дат ISO-8601 | перевірка проти JSON Schema/CSVW; валідація словників; регулярні вирази | I — сприяє інтероперабельності через уніфіковані формати і словники |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Consistency (узгодженість) | логічні обмеження між полями; референтна цілісність між ресурсами | перехресні джоїни; правила цілісності; перевірка унікальних ключів | I/R — забезпечує коректну інтеграцію та повторне використання |
| Uniqueness (унікальність) | частка дублікатів за первинними ключами; колізії ідентифікаторів | дедуплікація; кластеризація схожих записів; fuzzy-matching | F/R — спрощує пошук і повторне використання завдяки чистим ідентифікаторам |
| Timeliness (своєчасність) | «вік» записів; затримка оновлень відносно SLA; частота публікацій | моніторинг оновлень; алерти прострочення; перевірка часових вікон | A/F — гарантує доступність актуальних даних і їх коректне цитування |
| Accuracy / Plausibility (достовірність/правдоподібність) | виявлені аномалії; відхилення від доменних діапазонів | статистичні тести; правила доменних меж; ML-детектори аномалій | R — підвищує надійність повторного використання |
| Interoperability (інтероперабельність) | наявність машинно-читаних схем; використання стандартів і URI | DCAT/CSVW/JSON-Schema; мапінг до контрольованих словників | I — полегшує комбінування даних між системами |
| Accessibility (доступність) | аптайм ендпойнтів; стабільність URL; ліцензійна ясність | моніторинг HTTP-статусів; перевірка robots/headers; валідація ліцензії | A — забезпечує сталість доступу і законність використання |
| Provenance / Lineage (походження) | повнота полів джерела, методу збору, дати, версії; відслідковуваність трансформацій | автоматичне журналювання; підпис релізів; diff-звітність | F/A/R — підсилює знаходжуваність, довіру і відтворюваність |
| Versioning / Traceability (версійність/відстежуваність) | наявність тегів релізів; історія змін; стабільні версійні URL | семантичне версіонування; changelog; snapshots | F/R — спрощує цитування й відтворення результатів |
| Fairness risk (індикатори справедливості) | різниця у показниках між групами (DP diff, EO gap); помилки за підгрупами | аудит репрезентативності; моніторинг дрейфу; fairness-метрики | R — забезпечує етично прийнятне повторне використання |
| Privacy risk (ризик повторної ідентифікації) | k-anonymity, l-diversity; частка квазіідентифікаторів | DPIA; де-ідентифікація; перевірка рідкісних комбінацій | A/R — зберігає доступність з відповідними обмеженнями повторного використання |

Практичний досвід використання концепції показує, що інструментальні поліпшення перетворюють ідеї на відчутний ефект. Після розгортання плагіна перевірок на вибірці національних наборів даних із різною періодичністю оновлень середня повнота критичних полів зросла на чверть завдяки таргетованим виправленням, а частка невалідних форматів дат і кодів класифікаторів скоротилася більш ніж на третину. Введення публічного якісного бала та пояснювальних звітів зменшило кількість звернень користувачів із однаковими питаннями, змістивши комунікацію з дискусії «чи є тут помилка?» до конструктивної «як саме і коли її буде усунуто?». У наборах із підвищеним етичним ризиком регулярний моніторинг індикаторів справедливості не виявив критичних порушень, але оголив місця процесної вразливості, зокрема потребу уніфікувати правила імпутації для записів із нерівномірним географічним покриттям.

Водночас автоматизація не усуває необхідності людського судження. У доменно-специфічних реєстрах без консультацій із фахівцями алгоритмічні флаги можуть маркувати «аномаліями» закономірні явища. Тому принцип «людина в циклі» залишається обов’язковим: куратори наборів мають право накладати зміни, пояснювати контекст і, за потреби, переглядати пороги чутливості. Баланс між автоматичною строгістю та експертною гнучкістю досягається прозорими правилами ескалації, уніфікованими шаблонами рішень і публічним журналюванням кожного кроку.

Проблематика міжюрисдикційної сумісності етичних вимог виявляється в тому, що різні країни по-різному тлумачать цифрову етику, пріоритети приватності та межі автоматизованого прийняття рішень. Практичний вихід — формування мінімального «спільного знаменника» з прозорими описами локальних винятків. Для видавця даних це означає, що на сторінці набору, поруч із технічними метриками, варто надавати політики повторного використання, опис процедур де-ідентифікації, а також зв’язок між конкретними перевірками та релевантними нормативними вимогами. Така відкритість зменшує інформаційні асиметрії й полегшує транскордонне повторне використання.

Вартісний аспект часто стає перепоною для побудови сталої інфраструктури якості. Аргумент «це дорого» частково знімається, коли контроль організовано як сервіс із пріоритизацією наборів найбільшого публічного впливу та повторним використанням готових модулів. Справжньою економією стає скорочення невидимих витрат користувачів на самостійне «дочищення» даних і зниження ймовірності помилкових управлінських рішень, спричинених дефектами якості. Крім того, відкриті машинно-читані звіти полегшують зовнішній аудит і зменшують транзакційні витрати взаємодії між державою, дослідниками та бізнесом.

Доречно додати, що візуалізація процесу робить його інтуїтивнішим для нефахівців. На рис. 1 подано узагальнену схему конвеєра контролю якості в середовищі порталу відкритих даних: від моменту публікації до формування публічного дашборду та журналу походження. Схема демонструє послідовність перевірок, точки прийняття рішень і місця, де вбудовано пояснюваність.

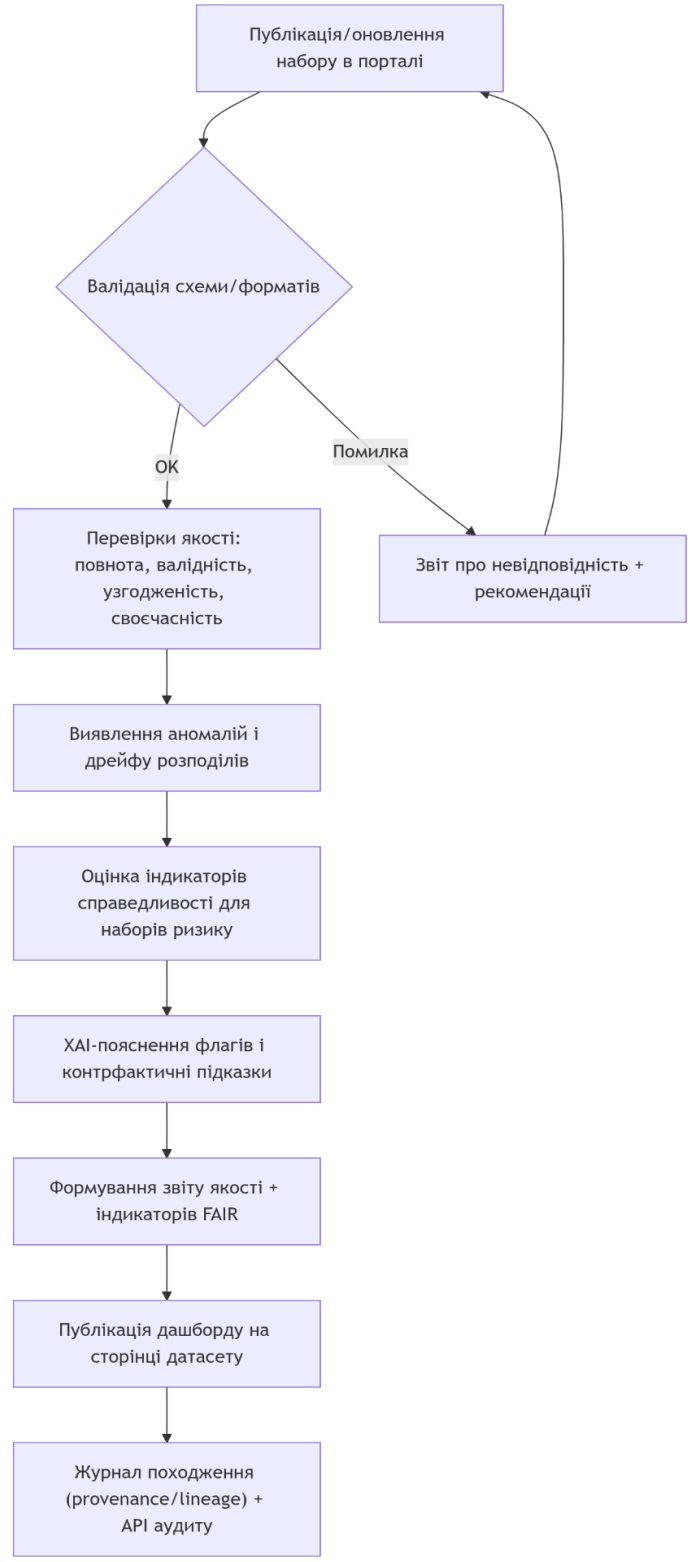



Рисунок 1. Узагальнений конвеєр відповідального контролю якості даних

Практичні наслідки для політик і організації процесів полягають у закріпленні мінімального профілю метаданих і показників якості на рівні стандарту видавця, у переведенні робіт із якості в безперервний сервіс із чіткими циклами планування та підсумковими оглядами, а також у формуванні зрозумілої публічної звітності з поясненнями та історією змін. Ключовим є усвідомлення, що

контроль якості — це не суто технічна функція, а елемент соціального контракту між державою як видавцем і суспільством як користувачем даних. Саме тому успішні впровадження поєднують інженерні рішення з механізмами залучення зацікавлених сторін: регулярними консультаціями, публічними обговореннями спірних кейсів і незалежними аудитами.

**Висновки.** Етика у контролі якості відкритих даних є органічною частиною керованої інфраструктури даних. Поєднання політик і норм, безперервних процесів якості, модульної інтеграції перевірок у портальні платформи, багаторівневих аудитів упередженості та XAI-пояснень створює перевірювану основу для довіри, прозорості й відтворюваності аналітики. Перехід від декларативної відкритості до вимірюваної придатності підсилює суспільну легітимність даних, зменшує ризики алгоритмічної дискримінації та знижує витрати користувачів на «доготування». Запропонований підхід сумісний із FAIR, масштабований між доменами й враховує різноспрямовані етичні режими різних юрисдикцій, забезпечуючи при цьому зрозумілу публічну підзвітність.

## Список використаних джерел

1. Guenduez, A. A., Walker, N., & Demircioglu, M. A. (2025). Digital ethics: Global trends and divergent paths. Government Information Quarterly, 42(3), 102050. https://doi.org/10.1016/j.giq.2025.102050
2. Zhao, Y., & Qiu, J. (2025). Decentralized Governance in Action: A Governance Framework of Digital Responsibility in Startups. Journal of Responsible Technology, 100107. https://doi.org/10.1016/j.jrt.2025.100107
3. Tridgell, J. (2025). Open or closing doors? The influence of 'digital sovereignty' in the EU's Cybersecurity Strategy on cybersecurity of open-source software. Computer Law & Security Review, 56, 106078. https://doi.org/10.1016/j.clsr.2024.106078
4. Nicholson, N., Negrao Carvalho, R., & Štotl, I. (2025). A FAIR Perspective on Data Quality Frameworks. Data, 10(9), 136. https://doi.org/10.3390/data10090136
5. Guillen-Aguinaga, M., et al. (2025). Data Quality in the Age of AI: A Review of Governance, Ethics, and the FAIR Principles. Data, 10(12), 201. https://doi.org/10.3390/data10120201
6. Gustafsson, M., et al. (2025). Adaptive governance amidst the war: Overcoming challenges and strengthening collaborative digital service provision in Ukraine. Government Information Quarterly, 42(3), 102056. https://doi.org/10.1016/j.giq.2025.102056
7. Wilkinson, M. D., et al. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. Scientific Data, 3, 160018. https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18
8. Raji, I. D., et al. (2020). Closing the AI Accountability Gap: Defining Auditing for AI Systems. In FAT* '20 (pp. 33–44). https://doi.org/10.1145/3351095.3372873
9. OECD. (2019). OECD Principles on Artificial Intelligence. https://oecd.ai/en/ai-principles

# ПРОТИДІЯ СОЦІАЛЬНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ В МЕССЕНДЖЕРАХ ЯК СКЛАДОВА КІБЕРГІГІЄНИ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

**Фещенко Ростислав Дмитрович**
курсант
**Вітвіцька Катерина Едуардівна**
курсантка
Навчально-науковий інститут № 4
Науковий керівник:
**Калякін Сергій Володимирович**
старший викладач
Кафедра протидії кіберзлочинності
Харківський національний університет внутрішніх справ, Україна

**Анотація.** Розглянуто соціальну інженерію в месенджерах як домінантний канал компрометації облікових записів здобувачів вищої освіти. Показано типові сценарії (підміна службового акаунта, термінове «доручення» керівника, фішингове посилання у приватному чаті) та запропоновано мінімальний набір організаційних і технічних заходів кібергігієни, який можна впровадити без промислового SOC. Обґрунтовано роль перевірки ідентичності відправника другим каналом і заборони введення паролів у сторонніх формах.

Ключові слова: соціальна інженерія; месенджер; кібергігієна; фішинг; обліковий запис; заклад вищої освіти.

**Введення**

Месенджери стали основним каналом оперативної комунікації в закладах вищої освіти: розклад, доручення, доступ до хмарних дисків і навчальних платформ часто передають саме там. Водночас інтерфейс чату створює ілюзію «свого» середовища: повідомлення виглядає як від куратора чи командира, а час на перевірку вимірюється секундами. Соціальна інженерія експлуатує цей розрив між швидкістю відповіді та процедурою автентифікації [1; 2]. Для курсантів і студентів ризик подвоюється: компрометація корпоративної пошти або LMS відкриває шлях до персональних даних групи і до внутрішніх сервісів установи.

Проблема не зводиться до «не клікати на посилання». Сучасні атаки поєднують клонування аватара, термінову лексику («сьогодні до 18:00», «наказ», «перевірка форми») і посадкову сторінку, візуально схожу на університетський кабінет. Класичні фільтри корпоративної пошти цей канал не бачать, якщо листування йде в Telegram, Signal чи корпоративному Teams [3].

**Мета та задачі дослідження**

Мета — сформувати практичний мінімум протидії соціальній інженерії в месенджерах для здобувачів ЗВО зі специфічними умовами навчання. Задачі: (1)

типізувати сценарії атак у чатах; (2) визначити організаційні правила, які не потребують нового ПЗ; (3) окреслити технічні обмеження (умовний доступ, MFA, заборона пароля в сторонній формі); (4) запропонувати короткий регламент перевірки підозрілого повідомлення.

**Результати дослідження і їх обговорення**

Типові сценарії. Перший — підміна службового акаунта: зловмисник створює профіль з тим самим фото і близьким ніком, пише в особисті з «терміновим» завданням. Другий — перехоплення вже існуючого чату після крадіжки сесії на чужому телефоні. Третій — розсилка від імені одногрупника з проханням «зайти й підтвердити список». У всіх випадках ціль одна: облікові дані або встановлення шкідливого файлу. Індикатори: нова розмова замість звичного чату групи, посилання поза доменом установи, вимога ввести пароль «для перевірки», тиск часу [2; 4].

Організаційний мінімум. Заклад фіксує канали, якими офіційно передають доручення з доступом до систем (наприклад, лише корпоративна пошта або підтверджений канал кафедри). Будь-яке прохання змінити пароль, надіслати код MFA чи відкрити «форму перевірки» з месенджера вважається інцидентом до підтвердження другим каналом (дзвінок, очний контакт, офіційний портал). Для курсантів доцільний 30-секундний чекліст: чи це той самий чат, чи є посилання, чи просять секрет. Такий ритуал дешевший за SIEM і закриває більшість атак соціальної інженерії [1].

Технічний шар. Багатофакторна автентифікація корпоративних сервісів зменшує цінність викраденого пароля. Умовний доступ блокує вхід з нових країн і некерованих пристроїв. Заборона вставляти робочі файли в неперевірені хмарні форми знижує витік. Але техніка не замінює правило: код MFA ніколи не пересилають у чат «на перевірку». Навчання без цього правила лише збільшує впевненість жертви [5].

Регламент реагування для здобувача. (1) Не вводити дані. (2) Зробити скриншот. (3) Повідомити куратора / відповідальну особу з кібербезпеки офіційним каналом. (4) Якщо пароль уже введено — негайно змінити його з довіреного пристрою і вийти з усіх сесій. Журнал таких звернень дає кафедрі картину атак без очікування «великого» SOC.

**Висновки**

Соціальна інженерія в месенджерах є основним практичним ризиком для облікових записів здобувачів, бо обходить поштові фільтри і грає на дисципліні швидкої відповіді. Мінімально життєздатний захист складається з офіційного переліку каналів, заборони передачі секретів у чаті, MFA на корпоративних сервісах і короткого регламенту перевірки. Такий підхід посильний для курсантського ЗВО і не підміняє, а доповнює технічний моніторинг інфраструктури.

**Список використаних джерел**

1. Hadnagy C. Social Engineering : The Science of Human Hacking / C. Hadnagy. – 2nd ed. – Indianapolis : Wiley, 2018. – 320 p.
2. Verizon. 2025 Data Breach Investigations Report [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.verizon.com/business/resources/reports/dbir/ (дата звернення: 20.08.2026).
3. NIST. Digital Identity Guidelines : NIST SP 800-63-3 [Електронний ресурс]. – Gaithersburg, 2017. – Режим доступу: https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-63-3 (дата звернення: 20.08.2026).
4. ENISA. Threat Landscape 2024 [Електронний ресурс]. – Athens : ENISA, 2024. – Режим доступу: https://www.enisa.europa.eu/publications (дата звернення: 20.08.2026).
5. Про основні засади забезпечення кібербезпеки України : Закон України від 05.10.2017 № 2163-VIII [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19 (дата звернення: 20.08.2026).

# ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ МОДЕРНІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ ХІМІЇ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТИ

**Оперчук Надія**
кандидатка медичних наук, доцентка
Кафедра внутрішньої медицини №1
Донецький національний медичний університет
в Кіровоградської області
Державна установа «Кіровоградський обласний центр контролю та профілактики хвороб»
Міністерство охорони здоров'я, Україна
**Чередник Діана**
хімік санітарно-гігієнічної лабораторії,
викладач хімії першої категорії
Центральноукраїнського фахового коледжу
Державна установа «Кіровоградський обласний центр контролю та профілактики хвороб»
Міністерство охорони здоров'я, Україна

Сучасна система освіти проходить активну цифрову трансформацію, яка передбачає впровадження нових технологій у освітній процес навчання. Серед найперспективніших напрямів – використання штучного інтелекту, який зростає використовування як засіб для покращення роботи викладачів. У навчанні хімії, де важливо мати наочність, точність та індивідуальний підхід до засвоєння складних тем, можливості штучного інтелекту є особливо значимими. У останніх

роках в наукових дослідженнях штучний інтелект розглядається як інструмент модернізації освітнього середовища. Вчені звертають увагу на можливості адаптивного навчання, автоматизованого оцінювання та розвитку цифрових навичок студентів. Одночасно в працях українських та зарубіжних науковців підкреслюється важливість етичного регулювання використання інтелектуальних систем в освіті. Проте питання загального аналізу можливостей і ризиків застосування штучного інтелекту саме у викладанні хімії залишається недостатньо вивченим. В контексті технології штучного інтелекту (далі-ШІ) виступають одним із найперспективніших напрямів модернізації освітнього процесу. Вони не лише змінюють методи подачі матеріалу, але й дозволяють по-новому осмислити роль викладача як організатора освітньої діяльності [2, ст.46].

Персоналізація навчання в сучасній педагогіці вважається одним із основних принципів покращення якості освіти. Вона передбачає врахування особливостей кожного студента, його навчальних потреб, рівня розвитку та досягнень. У процесі викладання хімії особливо важливо використовувати персоналізований підхід через складність вивченого матеріалу, необхідність розуміння абстрактних понять та виконання логічних та математичних операцій. Використання засобів штучного інтелекту дозволяє проводити системний аналіз навчальної діяльності студентів, аналізуючи результати що разового та підсумкового оцінювання, швидкість виконання завдань та характер помилок, які вони допускають.

На основі аналізу цих даних інтелектуальні системи можуть створювати індивідуальні освітні шляхи, що відповідають ідеї адаптивного навчання. Під час вивчення хімії адаптивні освітні платформи можуть автоматично змінювати складність завдань, надавати додаткові пояснення або пропонувати інші способи подання навчального матеріалу. Це особливо корисно під час вивчення тем, які стосуються стехіометричних розрахунків, закономірностей хімічних реакцій, кількісних співвідношень реагентів і продуктів. Такий підхід сприяє розвитку предметної компетентності та зменшенню навчальних прогалин. А. Коломієць та О. Кушнір аналізують перспективи та виклики застосування ШІ в освітній і науковій діяльності. Автори наголошують на амбівалентності цієї технології: з одного боку, вона забезпечує автоматизацію оцінювання й персоналізацію навчання, з іншого − ставить питання академічної доброчесності та коректності використання цифрових інструментів [2. ст.47].

Умовами цифрової трансформації освіти передбачається відхід від виключно паперових підручників на користь 3D-моделювання, що є критично важливим для розуміння просторової будови речовин. Такі платформи, як MolView, дозволяють студентам взаємодіяти з 3D-моделями молекул, переглядати просторові структури та орбіталі в реальному часі . Програми на цифровий вимірювальний комплекс Labster пропонують гейміфіковані віртуальні лабораторії для безпечного проведення експериментів будь-якої складності. Кожен симулятор є повноцінним віртуальним комплексом з відео-інструкцією, теоретичними відомостями та інтерактивними вправами, що

виконуються у 3D-середовищі сучасних віртуальних лабораторій. Платформа Labster забезпечує можливість самостійного підключення викладачами студентів з подальшим аналізом результатів їх робіт [4, ст.258]. Навчання хімії має відображати реалії сучасної науки. За допомогою ШІ учні можуть вивчати органічний синтез та властивості матеріалів на рівні, який раніше був недоступний у школі.

ШІ не повинен виконувати завдання замість студентів. Його головна цінність — забезпечення миттєвого зворотного зв'язку та допомога у поясненні складних концепцій, розвиваючи тим самим критичне мислення.

Застосування штучного інтелекту в освіті дозволяє зробити навчання більш особистим, враховуючи потреби кожного студента, доступним для ширшого кола студентів, зокрема для осіб з обмеженими можливостями [3, ст.200].

Впровадження адаптивних навчальних платформ, віртуальних лабораторії та AI-асистенти покращують якість навчання фахівців, що є дуже важливим для розвитку наукового потенціалу країни.

Отже, впровадження штучного інтелекту в науку та освіту є не лише засобом підвищення ефективності, а також ключовим фактором стійкого розвитку України, що дозволяє забезпечити конкурентоспроможність в умовах глобальних викликів. У майбутньому ця технологія стане важливою частиною сучасної освіти, особливо в біотехнологічних дисциплінах.

## Список використаних джерел

1. Андрушко О., Павлюк Т. Штучний інтелект в освітньому процесі: плюси та мінуси. Інтеграція штучного інтелекту в освіту – виклики та можливості : збірник тез науково-методичних доповідей Всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації (Київ, 10 грудня 2024 р. – 20 січня 2025р.). Частина 2. Київ – Львів – Торунь : Національний університет фізичного виховання і спорту України,Liha-Pres, 2025. С. 47–49.
2. Коломієць А. М., Кушнір О. І. Використання штучного інтелекту в освітній та науковій діяльності:можливості та виклики. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. 2023. Вип. 70. С. 45-57.
3. Цехмістренко С., Бітюцький В., Ластовська І. Розділ XV. Інтеграція штучного інтелекту в хіміко-біотехнологічні дослідження. Штучний інтелект у науці : монографія [авт. колектив]; за ред. Яцишина Андрія та Яцишин Анни. – Київ: ФОП Ямчинський О.В., 2025. – С. 198-211. ISBN 978-617-8830-09-0
4. Чередник Д.С. Методика проведення експерименту з використанням цифрової лабораторії при навчанні інтегрованого курсу «Природничих наук». Наукові записки. Серія : Педагогічні науки . 2021 . Вип. 198. С. 257-262. (ЦДПУ ім. В. Винниченка).

**DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.004.100-105**

# МЕТОД САМОРОЗМІТКИ РЕЗЮМЕ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ІМЕНОВАНИХ СУТНОСТЕЙ НА ОСНОВІ ТРАНСФОРМЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ПСЕВДОМІТОК, ЗГЕНЕРОВАНИХ ВЕЛИКИМИ МОВНИМИ МОДЕЛЯМИ

**Олянін Денис**
аспірант
**Цуприк Галина Богданівна**
к.т.н., доцент
Кафедра програмної інженерії
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя, Україна

**Анотація**. У роботі розглянуто проблему видобування іменованих сутностей із резюме в умовах обмеженої кількості вручну розмічених даних. Запропоновано підхід до саморозмітки резюме, який поєднує невеликий корпус ручної розмітки, псевдомітки, згенеровані великою мовною моделлю, та фільтрацію ненадійних міток перед донавчанням трансформерної моделі розпізнавання іменованих сутностей. Основна увага приділена не лише застосуванню трансформерних моделей до задачі аналізу резюме, а саме методичній організації процесу псевдорозмітки: генерації міток, їх оцінюванню, фільтрації та повторному використанню для підвищення якості низькоресурсного розпізнавання іменованих сутностей. Запропонований підхід спирається на розвиток трансформерних архітектур у задачах оброблення природної мови [1–4] та на підходи до створення навчальних даних за умов обмеженої ручної розмітки [6; 8]. Робота має характер постановки дослідження та обґрунтування методу; експериментальні результати передбачається отримати на наступному етапі.

**Ключові слова:** розпізнавання іменованих сутностей, аналіз резюме, резюме, трансформерні моделі, псевдорозмітка, самонавчання, низькоресурсне навчання, великі мовні моделі.

**Вступ.** Автоматизоване опрацювання резюме є важливою задачею в системах рекрутингу, HR-аналітики, пошуку кандидатів та побудови профілів компетентностей. Резюме містять значну кількість напівструктурованої та неструктурованої інформації: контактні дані, освіту, досвід роботи, навички, сертифікати, знання мов, локації та інші професійно значущі відомості. Для перетворення такого документа на структурований запис часто використовується задача розпізнавання іменованих сутностей, тобто автоматичного виявлення та класифікації сутностей у тексті [7].

Складність полягає в тому, що резюме не мають єдиного стандарту оформлення. Кандидати використовують різні шаблони, мови, порядок секцій, скорочення, таблиці, списки, PDF-формати, нестандартні назви посад і технологій. Через це класичні підходи, побудовані на правилах, або регулярні вирази не забезпечують достатньої гнучкості, а сучасні нейронні моделі розпізнавання іменованих сутностей потребують значної кількості вручну розмічених прикладів [7].

У низькоресурсних сценаріях доступними можуть бути лише 30, 50 або 100 вручну розмічених резюме, чого недостатньо для стабільного навчання трансформерної моделі. Водночас нерозмічених резюме може бути суттєво більше. Це створює передумови для використання псевдорозмітки: автоматичного створення попередніх міток за допомогою великої мовної моделі або іншої трансформерної моделі з подальшим відбором лише достатньо надійних прикладів. Подібна ідея пов’язана з підходами самонавчання та слабкого нагляду, які використовуються для зменшення залежності моделей від повністю вручну розмічених корпусів [6; 8].

Метою дослідження є розроблення методу саморозмітки резюме для підвищення якості низькоресурсного розпізнавання іменованих сутностей шляхом поєднання ручної розмітки, псевдоміток, згенерованих великою мовною моделлю, та фільтрації ненадійних автоматичних міток.

Для досягнення мети необхідно розв’язати такі задачі:

1. Визначити схему сутностей для резюме, релевантну задачі автоматизованого аналізу резюме.

2. Сформувати невеликий вручну розмічений корпус резюме для базового навчання та оцінювання.

3. Розробити процедуру генерації псевдоміток для нерозмічених резюме за допомогою великої мовної моделі або попередньо навченої трансформерної моделі.

4. Запропонувати критерії фільтрації слабких, суперечливих або ненадійних псевдоміток.

5. Побудувати навчальні сценарії, що поєднують ручну розмітку та відібрані псевдорозмічені дані.

6. Оцінити вплив псевдорозмітки на якість розпізнавання окремих класів сутностей.

7. Порівняти якість моделей у різних низькоресурсних сценаріях.

Об’єктом дослідження є процес автоматизованого видобування структурованої інформації з неструктурованих та напівструктурованих резюме.

Предметом дослідження є методи саморозмітки даних для низькоресурсного розпізнавання іменованих сутностей на основі трансформерних моделей, псевдоміток, згенерованих великими мовними моделями, та критеріїв фільтрації якості автоматично створених міток.

Запропонований підхід передбачає три основні джерела даних: невеликий набір вручну розмічених резюме, великий набір нерозмічених резюме та

тестовий набір із перевіреною ручною розміткою. Ручна розмітка використовується для навчання базової моделі та оцінювання якості, а нерозмічені документи — для створення псевдоміток.

Нехай:

$$D_m = \{(x_i, y_i)\}_{\{i=1\}}^{\{n\}} \quad (1)$$

де $D_m$ — множина вручну розмічених резюме, $x_i$ — текст документа, $y_i$ — набір правильних міток сутностей. Нерозмічений корпус позначимо як:

$$D_u = \{x_j\}_{\{j=1\}}^{\{k\}} \quad (2)$$

де $k_n$. Для кожного документа з $D_u$ велика мовна модель або попередньо навчена модель розпізнавання іменованих сутностей генерує набір псевдоміток:

$$\{\hat{y}\}_j = G(x_j) \quad (3)$$

де G — функція автоматичної генерації міток. Оскільки псевдомітки можуть містити помилки, до них застосовується функція фільтрації:

$$D_p = F(D_u, \hat{y}, q) \quad (4)$$

де $D_p$ — відібрана множина псевдорозмічених документів, F — функція фільтрації, q — оцінка якості міток.

Загальний навчальний набір формується як:

$$D_{\{train\}} = D_m \cup D_p \quad (5)$$

Після цього модель розпізнавання іменованих сутностей донавчається на комбінованих даних. Основна гіпотеза полягає в тому, що використання лише відфільтрованих псевдоміток дозволить покращити якість розпізнавання частини сутностей порівняно з навчанням лише на малому ручному корпусі. Такий підхід узгоджується з ідеєю слабкого нагляду, коли додаткові навчальні сигнали формуються не лише шляхом повної ручної розмітки, а й за допомогою автоматизованих або евристичних джерел [6].

Для резюме доцільно використовувати таку базову схему сутностей:

- NAME — ім’я кандидата;
- EMAIL — електронна пошта;
- PHONE — номер телефону;
- LOCATION — місто, країна або адреса;
- UNIVERSITY — навчальний заклад;
- DEGREE — освітній ступінь;
- EDUCATION_YEARS — роки навчання;
- COMPANY — назва компанії;
- JOB_TITLE — посада;
- EXPERIENCE_YEARS — роки досвіду;
- SKILL — професійні навички;
- TECHNOLOGY — технології, мови програмування, інструменти;
- CERTIFICATE — сертифікати;
- LANGUAGE — іноземні мови.

За потреби класи SKILL і TECHNOLOGY можна об'єднати на першому етапі, оскільки межа між ними часто є нечіткою. Наприклад, Python може бути технологією, а аналіз даних — навичкою, однак у реальних резюме ці категорії часто подаються в одному списку.

Ключовим елементом запропонованого підходу є фільтрація автоматично згенерованих міток. Пропонується використовувати комбіновану оцінку якості:

$$q(e) = \alpha c(e) + \beta r(e) + \gamma v(e) - \delta h(e) \quad (6)$$

де $q(e)$ — оцінка якості сутності e, $c(e)$ — оцінка впевненості моделі або великої мовної моделі, $r(e)$ — відповідність регулярним або доменним правилам, $v(e)$ — валідність значення, $h(e)$ — штраф за конфлікт або неоднозначність, $(\alpha, \beta, \gamma, \delta)$ — вагові коефіцієнти.

Для різних класів сутностей доцільно застосовувати різні правила фільтрації. Наприклад, для EMAIL можна перевіряти відповідність шаблону електронної пошти; для PHONE — відповідність телефонному формату; для EDUCATION_YEARS і EXPERIENCE_YEARS — коректність числового або датового діапазону; для LANGUAGE — відповідність словнику мов; для SKILL і TECHNOLOGY — частотність, довжину фрази та відсутність надто загальних слів.

Також доцільно вилучати псевдомітки у таких випадках:

- межі сутності перетинаються з іншою сутністю;
- велика мовна модель повертає різні класи для одного й того самого фрагмента;
- сутність має занадто велику довжину;
- значення не відповідає очікуваному типу;
- модель має низьку впевненість;
- сутність з'являється лише один раз у корпусі та не проходить перевірку на основі правил.

Для первинного дослідження доцільно сформувати корпус приблизно з 700–1000 резюме. Із них 100–150 документів варто розмітити вручну, 500–800 залишити для псевдорозмітки, а 50–100 використати як тестову множину з перевіреною розміткою.

Можливі сценарії порівняння:

1. 30 вручну розмічених резюме;
2. 50 вручну розмічених резюме;
3. 100 вручну розмічених резюме;
4. 30 вручну розмічених резюме + 300 псевдорозмічених резюме;
5. 50 вручну розмічених резюме + 500 псевдорозмічених резюме;
6. 100 вручну розмічених резюме + 500 псевдорозмічених резюме.

Як базовий підхід можна використати spaCy NER або CRF-модель. Основними трансформерними моделями можуть бути BERT, RoBERTa, DeBERTa, а для PDF-документів із важливою візуальною структурою — LayoutLM або LayoutLMv3. Використання таких моделей є обґрунтованим, оскільки BERT, RoBERTa та DeBERTa є поширеними архітектурами для задач

оброблення природної мови [2–4], а LayoutLM орієнтована на документи, де важливо враховувати не лише текст, а й просторове розміщення елементів [5]. Велику мовну модель доцільно використовувати не як фінальну модель розпізнавання іменованих сутностей, а як інструмент створення псевдоміток для нерозмічених резюме.

Оцінювання якості має виконуватися за такими метриками: точність, повнота, F1-міра, F1-міра на рівні сутностей, повний збіг, частковий збіг, точність на рівні полів, а також окремо за кожним класом сутностей. Для загальної оцінки можна використовувати стандартну формулу F1-міри:

$$\mathrm{F1} = 2 \cdot \frac{\{\mathrm{Precision} \cdot \mathrm{Recall}\}}{\{\mathrm{Precision} + \mathrm{Recall}\}} \quad (7)$$

де (Precision) — точність, а (Recall) — повнота.

Окремо варто оцінити частку відфільтрованих псевдоміток, кількість помилкових автоматичних міток, середній час розмітки одного документа та потенційне скорочення витрат на ручну розмітку.

У роботі обґрунтовано доцільність використання методу саморозмітки резюме для задачі низькоресурсного розпізнавання іменованих сутностей. Запропонований підхід дозволяє зменшити залежність від великої кількості вручну розмічених даних за рахунок використання псевдоміток, згенерованих великою мовною моделлю, та їх подальшої фільтрації. Основний акцент зроблено на методі формування якісного навчального набору, а не лише на застосуванні окремої трансформерної архітектури. Це узгоджується із загальним напрямом розвитку трансформерних моделей у задачах оброблення природної мови та видобування інформації з текстових документів [1–5].

Подальші дослідження передбачають створення корпусу резюме, розроблення інструкції для ручної розмітки, реалізацію програмного конвеєра для псевдорозмітки, навчання базових та трансформерних моделей розпізнавання іменованих сутностей, а також кількісне порівняння результатів у різних низькоресурсних сценаріях.

## Список використаних джерел

1. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. Advances in Neural Information Processing Systems, 30.
2. Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K., & Toutanova, K. (2019). BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. Proceedings of NAACL-HLT 2019, 4171–4186.
3. Liu, Y., Ott, M., Goyal, N., Du, J., Joshi, M., Chen, D., Levy, O., Lewis, M., Zettlemoyer, L., & Stoyanov, V. (2019). RoBERTa: A robustly optimized BERT pretraining approach. arXiv preprint arXiv:1907.11692.
4. He, P., Liu, X., Gao, J., & Chen, W. (2021). DeBERTa: Decoding-enhanced BERT with disentangled attention. International Conference on Learning Representations.

5. Xu, Y., Li, M., Cui, L., Huang, S., Wei, F., & Zhou, M. (2020). LayoutLM: Pre-training of text and layout for document image understanding. Proceedings of KDD 2020, 1192–1200.
6. Ratner, A., Bach, S. H., Ehrenberg, H., Fries, J., Wu, S., & Ré, C. (2020). Snorkel: Rapid training data creation with weak supervision. The VLDB Journal, 29, 709–730.
7. Lample, G., Ballesteros, M., Subramanian, S., Kawakami, K., & Dyer, C. (2016). Neural architectures for named entity recognition. Proceedings of NAACL-HLT 2016, 260–270.
8. Yarowsky, D. (1995). Unsupervised word sense disambiguation rivaling supervised methods. Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 189–196.

# VERIFYING THE IDEMPOTENCY OF REST API OPERATIONS UNDER REQUEST RETRIES AFTER CLIENT-SIDE TIMEOUTS

**Kalashnyk Valerii**
Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2345-4377
**Melnyk Gennady**
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0002-7663
Department of Computer Engineering and Electromechanics
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

**Abstract.** A method for verifying the idempotency of REST API operations under request retries after client-side timeouts is proposed. The study addresses the situation in which a client stops waiting for a response, while the server may have already accepted and executed the operation. The method distinguishes between the local timeout event and the actual business result stored on the server. A test procedure is defined for repeated GET, PUT, POST, and DELETE requests, with particular attention to state-changing operations and idempotency keys. The proposed verification matrix links the operation type, retry condition, main risk, test action, and pass criterion. The approach is intended for pre-release testing of client–server applications and for practical use in software testing education.

**Keywords:** REST API, idempotency, timeout, retry, idempotency key, HTTP, state-changing operation, API testing.

**Introduction.** REST APIs are widely used to connect web clients, mobile applications, backend services, and external integrations. In such systems, an operation is often treated as successful only when the client receives a valid response. However, this view is incomplete. A client-side timeout means only that the client stopped

waiting for the response within the configured time limit. It does not prove that the server did not receive, process, or commit the request. This distinction is especially important for state-changing operations. If a GET request is repeated after a timeout, the main risk is usually related to delay or temporary unavailability. If a POST request is repeated after a timeout, the same user action may create two orders, two payments, two reservations, or two messages. Therefore, retry behaviour cannot be evaluated only by HTTP status codes. The actual state of the resource and the number of committed business operations must also be verified.

HTTP defines several methods as idempotent, including PUT and DELETE, while POST is not idempotent by default [1]. Nevertheless, practical API design often requires retry-safe POST operations, especially when an operation creates a resource or initiates a financial, booking, or notification process. One common approach is to use an idempotency key that allows the server to recognize a repeated request and return the result of the original operation instead of executing it again.

At the transport level, TCP provides reliable ordered byte-stream delivery, but it does not remove uncertainty at the application level when a client timeout occurs [2]. The request may have reached the server, while the response may have been delayed, lost, or ignored by the client. For this reason, retry mechanisms must be tested together with server-side state verification. The practical relevance of this problem is also confirmed by modern design recommendations for distributed systems, where retries are considered necessary but potentially dangerous if operations are not idempotent [3]. API providers that support idempotency keys emphasize that the same key should prevent duplicate execution of the same operation [4]. However, the presence of such a mechanism in documentation does not guarantee its correct implementation. It must be verified by tests that reproduce timeout and retry conditions.

Previous work on client–server applications and temporarily unavailable users demonstrates that system behaviour during communication interruptions must be designed explicitly rather than assumed [6]. This study continues that direction by focusing on a narrower problem: how to verify that a REST API does not create duplicate or inconsistent state when the client retries a request after a timeout.

**Aim and objectives of the study.** The aim of the study is to develop a method for verifying the idempotency of REST API operations when a request is retried after a client-side timeout. The study defines the retry scenario, classifies the main risks for different HTTP operations, proposes a verification matrix, and specifies pass criteria based on both the API response and the actual server-side state.

**Materials and methods.** The object of verification is a client–server application with a REST API and persistent data storage. The test environment consists of an automated test client, a controlled delay or fault-injection layer, the REST service under test, and a mechanism for reading the actual state of the resource after each operation. The controlled condition is a client-side timeout that occurs before the client receives the server response. The test client sends an initial request with a fixed timeout value. The test environment then creates a condition in which the server may receive and process the request, but the client does not receive the response in time. After the timeout, the client

repeats the request according to the selected retry rule. The final result is evaluated not only by the second response but also by a control read of the server-side state.

The method distinguishes between three levels of evidence. The first level is the client-visible result: timeout, exception, HTTP status code, and response body. The second level is the API contract: whether the response corresponds to the declared structure and semantics. The third level is the business state: whether one, zero, or more than one operation has actually been committed. The following operations are included in the basic test set: repeated GET of the same resource, repeated PUT with the same payload, repeated POST without an idempotency key, repeated POST with the same idempotency key, repeated POST with the same key but a different payload, and repeated DELETE. This set covers both operations that are expected to be naturally idempotent and operations that require an additional idempotency mechanism.

Table 1. Verification matrix for REST API retries after client-side timeouts.

| **Operation and retry condition** | **Main risk** | **Test action** | **Pass criterion** |
|---|---|---|---|
| GET repeated after timeout | Inconsistent read | Repeat the same request | Same resource semantics and valid contract |
| PUT repeated with same payload | Incorrect state update | Repeat request and read state | Final state equals intended representation |
| POST repeated without key | Duplicate resource | Timeout, retry, compare created resources | No duplicate if idempotency is required |
| POST repeated with same key | Double execution | Retry with identical idempotency key | One committed operation and same result |
| POST repeated with same key but changed payload | Key misuse | Retry with modified request body | Request rejected or conflict reported |
| DELETE repeated after timeout | Ambiguous deletion result | Retry and read resource state | Resource remains absent; response is documented |

For state-changing operations, the test must record the resource identifier, idempotency key, request payload, response status, and final state of the resource. If the API writes an operation log or event record, the test should also verify that only one business operation was committed for a repeated request that is expected to be idempotent. A test is considered passed when the repeated request does not produce an unintended additional side effect. For PUT, this means that the final representation of the resource remains the same after retry. For POST with an idempotency key, this means that the server returns the same created resource or an equivalent documented response without creating a second resource. For DELETE, this means that the resource remains deleted and the repeated operation is handled consistently according to the API contract. The method does not assume that every POST operation must be idempotent.

Instead, it requires the API contract to declare whether retries are supported and under which conditions. If an endpoint does not support idempotency, the test should make this limitation visible and document the risk of duplicate execution.

**Research results and discussion.** The main result of the study is a compact verification method that connects client-side timeout, retry behaviour, HTTP semantics, and server-side state. The method is based on the principle that timeout is not a final business outcome. A retry after timeout must therefore be tested as a state consistency problem rather than only as a communication problem.

The proposed verification matrix shows that different HTTP operations require different pass criteria. A repeated GET mainly checks whether the resource can still be retrieved with the expected contract. A repeated PUT checks whether applying the same representation more than once leaves the resource in the same state. A repeated POST is more complex because creating a new resource is not idempotent by default. Therefore, retry-safe POST operations require an explicit mechanism such as an idempotency key. The most critical scenario is a POST request that reaches the server and creates a resource, but the client receives a timeout. If the client sends the same request again without an idempotency key, the server may create a duplicate resource. If an idempotency key is used correctly, the server should recognize that the operation has already been processed and return the same business result. The verification procedure must therefore compare not only the response body but also the number and identity of created resources.

Another important scenario is the reuse of the same idempotency key with a modified request body. If the server accepts such a request as a valid retry, it may hide an inconsistent client action or produce an incorrect result. A robust implementation should detect that the key is associated with a different request payload and return a conflict or validation error. This test is necessary because idempotency keys are useful only when they bind a repeated request to the same logical operation. For DELETE, the repeated request may produce different acceptable HTTP responses depending on the API contract. Some APIs return success even if the resource is already absent, while others return 404 Not Found. Both behaviours may be valid if they are documented. The essential criterion is that the resource remains absent and no inconsistent state is created. Therefore, the test should separate response-code expectations from the final state expectation. The method also clarifies the difference between HTTP method idempotency and business idempotency. An HTTP method may be considered idempotent in protocol semantics, but a concrete API implementation may still produce non-idempotent effects through audit records, events, notifications, or external integrations. For this reason, verification should include not only the resource table but also observable side effects when they are part of the business process. The proposed approach can be used in software testing education because it demonstrates a common error in reasoning: treating a timeout as proof that the operation failed. Students can observe that the same local symptom may correspond to different server-side outcomes. In one case, the server does not receive the request. In another case, it receives and commits the request, but the response is not observed by the client. These cases require different retry strategies and different assertions.

The approach also supports practical pre-release testing of REST APIs. It can be implemented using an automated test client, a controlled response delay, and direct verification of the data state. The required test data are simple: a baseline resource, a state-changing request, a configured timeout, a retry rule, and a control query. This makes the method suitable for small services, student projects, and early-stage backend systems. The limitations of the method are related to the accuracy of timeout simulation and the visibility of server-side state. If the test environment cannot determine whether a request was committed, the conclusion about idempotency may be incomplete. In addition, distributed systems may contain asynchronous workers, message queues, caches, or external services that commit side effects after the HTTP response has been generated. In such cases, verification must also include delayed state checks and event-level observations.

**Conclusions.** A method for verifying the idempotency of REST API operations under request retries after client-side timeouts has been proposed. The method treats timeout as an uncertain client-side observation rather than as proof of operation failure. It combines repeated request execution with verification of the HTTP response, API contract, and actual server-side state. The proposed verification matrix defines typical retry scenarios for GET, PUT, POST, and DELETE operations. The most important case is repeated POST execution, where the absence or incorrect handling of an idempotency key may lead to duplicate resources or repeated business operations. The method requires checking that a repeated request either produces the same documented result or is rejected when the retry does not match the original operation. The approach can be used for pre-release verification of client–server applications and as a practical educational task in software testing courses. Further work may include pilot implementation on a NestJS REST service, comparison of different idempotency-key strategies, and automated collection of evidence about duplicate resources, lost confirmations, and delayed side effects.

## References

1. Fielding, R., Nottingham, M., & Reschke, J. (2022). HTTP Semantics. RFC 9110. RFC Editor. https://doi.org/10.17487/RFC9110
2. Eddy, W. (Ed.). (2022). Transmission Control Protocol (TCP). RFC 9293. RFC Editor. https://doi.org/10.17487/RFC9293
3. Featonby, M. (n.d.). Making retries safe with idempotent APIs. Amazon Builders' Library.
4. Stripe. (n.d.). Idempotent requests. Stripe API Documentation.
5. Nygard, M. T. (2018). Release It!: Design and Deploy Production-Ready Software (2nd ed.). Pragmatic Bookshelf.
6. Kibitov, A. O., & Melnyk, G. V. (2023). Stvorennia servernoho zastosunku dlia obminu spovishchenniamy mizh saitamy ta Android-prystroiamy [Creating a server application for exchanging notifications between websites and Android devices]. In Mechatronic Systems: Innovations and Engineering: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (p. 191).

# РИЗИК-ОРІЄНТОВАНЕ ВБУДОВУВАННЯ DEVSECOPS-КОНТРОЛІВ У SCRUM-СПРИНТ

**Шишкін Максим Сергійович**
аспірант
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця, Україна

**Анотація**

Розглянуто проблему узгодження безперервних перевірок безпеки DevSecOps із подіями, артефактами та коротким циклом Scrum. Запропоновано концептуальну схему з п'ятьма точками інтеграції: уточнення безпекових критеріїв Product Backlog, ризик-орієнтоване планування, швидкі перевірки під час реалізації, контекстний security gate у CI/CD та аналіз результатів під час Sprint Review і Sprint Retrospective. Для пріоритизації знахідок формалізовано інтегральну оцінку, що поєднує технічну серйозність, експлуатованість, досяжність у цільовому середовищі та критичність активу. Для контролю перенесених між спринтами проблем введено показник вразливості боргу. Підхід не створює додаткових церемоній Scrum, але забезпечує відтворювані правила блокування, прийняття або відкладення безпекової роботи. Визначено показники для подальшої симуляційної та емпіричної перевірки моделі.

**Ключові слова:** DevSecOps, Scrum, безпечний життєвий цикл розробки програмного забезпечення, CI/CD, security gate, управління вразливостями, вразливісний борг.

**Вступ**

Прискорення циклів постачання програмного забезпечення посилює суперечність між вимогою швидко створювати інкремент продукту та необхідністю систематично перевіряти його безпеку. Scrum визначає події, артефакти й зобов'язання команди, проте не встановлює конкретного набору практик кібербезпеки [1]. NIST Secure Software Development Framework (SSDF) наголошує, що практики безпечної розробки мають інтегруватися в наявну модель життєвого циклу, а не існувати як ізольований завершальний етап [2]. Отже, для Scrum-команд актуальною є не проста автоматизація сканування, а узгодження DevSecOps-контролів із ритмом спринту, критеріями готовності та відповідальністю учасників.

OWASP SAMM пропонує ризик-орієнтовану й вимірювану основу вдосконалення безпечного життєвого циклу [3]. Систематичний огляд Р. Раджапаксе та співавтори показали, що ключовою проблемою DevSecOps залишається баланс між швидкістю постачання і безпекою, а поширеними напрямами розв'язання є shift-left та безперервне оцінювання безпеки [4]. У огляді Л. Пратеса і Р. Перейри серед найчастіше згадуваних практик виокремлено SAST, DAST, автоматизоване тестування, сканування вразливостей, аналіз складу програмного забезпечення та моделювання загроз [5]. Однак сам перелік практик

не визначає, у який момент спринту їх виконувати, які результати мають блокувати випуск і як переносити невиправлені знахідки між ітераціями. Емпіричне дослідження впливу безпекових активностей на Agile-розробку також підтверджує наявність процесного тертя та потребу в кращій інтеграції автоматизованих засобів у CI/CD [6]. Наукова проблема полягає у формалізації способу вбудовування DevSecOps-контролів у Scrum, який зберігає ітеративність процесу та не перетворює всі автоматичні знахідки на однаково жорсткі блокувальні умови.

**Мета та задачі дослідження**

Метою дослідження є розроблення концептуальної схеми ризик-орієнтованого вбудовування DevSecOps-контролів у Scrum-спринт. Для її досягнення поставлено такі задачі: зіставити події й артефакти Scrum із практиками SSDF та OWASP SAMM; визначити точки виконання автоматизованих і ручних перевірок; формалізувати контекстну пріоритизацію знахідок та правило переходу інкременту до випуску; запропонувати показник для контролю невиправлених вразливостей між спринтами; визначити ролі, метрики й умови подальшої перевірки підходу. Використано структурно-функціональний аналіз процесу Scrum, порівняльне зіставлення практик безпечної розробки та математичну формалізацію правил прийняття рішення.

**Результати дослідження та їх обговорення**

**Запропоновано п’ять узгоджених точок інтеграції.** Перша точка відповідає уточненню Product Backlog: для функцій, що змінюють межі довіри, обробляють чутливі дані, забезпечують автентифікацію, авторизацію або зовнішні інтеграції, формуються безпекові критерії приймання. Друга точка реалізується під час Sprint Planning: елементи беклогу класифікуються за ризиком, а для змін із підвищеним ризиком виконується полегшене моделювання загроз. Результатом є не окремий документ, а набір перевірюваних вимог, сценаріїв зловживання та запланованих контрзаходів.

**Третя точка охоплює реалізацію в межах спринту.** На рівні робочої гілки або pull request доцільно виконувати швидкі перевірки: пошук секретів, SAST для зміненого коду, аналіз залежностей (SCA), перевірка Infrastructure as Code і модульні security-тести. Їхня мета — надати розробнику зворотний зв’язок до злиття змін. Повільніші або ресурсомісткі перевірки, зокрема повний DAST, контейнерне сканування та регресійні сценарії безпеки, переносяться на інтеграційний контур CI/CD. Такий поділ зменшує час очікування, але зберігає повноту перевірки перед випуском.

**Четверта точка — security gate у конвеєрі.** Його рішення має ґрунтуватися не лише на технічній оцінці серйозності вразливості. CVSS 4.0 розрізняє базові, загрозові, середовищні та додаткові метрики, що дає змогу уточнювати оцінку з урахуванням фактичного контексту [7]. Для знахідки і пропонується нормована інтегральна оцінка пріоритету:

$$R_i = 0{,}35S_i + 0{,}25E_i + 0{,}20X_i + 0{,}20A_i,\ \ R_i \in [0;\ 1] \qquad (1)$$

де $S_i$ — нормована технічна серйозність; $E_i$ — підтверджена або очікувана експлуатованість; $X_i$ — досяжність у цільовому середовищі; $A_i$ — критичність

активу чи бізнес-функції. Ваги є початковими параметрами та підлягають калібруванню на даних конкретної організації. Формула (1) не замінює CVSS, а використовує його технічний результат як один із вхідних факторів для спринтового рішення.

Бінарне рішення про допустимість випуску інкременту в спринті t визначається умовою:

$$G(t) = 1, \text{якщо } \max(R_i) < \tau \wedge C(t) = 1 \wedge T(t) = 1; \text{ інакше } G(t) = 0 \quad (2)$$

У формулі (2) C(t) позначає проходження обов'язкових контролів, а T(t) — наявність трасованих результатів. Порогове значення $\tau$ задається політикою організації відповідно до критичності продукту. Блокувальними є підтверджені знахідки, що перевищують поріг, порушення обов'язкових вимог або відсутність доказу виконання контролю. Знахідки нижчого рівня оформлюються як елементи Product Backlog із власником, обґрунтуванням ризику та цільовим строком усунення. Це знижує ймовірність як неконтрольованого випуску, так і постійного блокування через шум інструментів.

**П'ята точка пов'язана зі Sprint Review та Sprint Retrospective.** Під час огляду інкременту демонструються не сирі звіти сканерів, а статус безпекових критеріїв і суттєві залишкові ризики. На ретроспективі команда аналізує причини пропущених дефектів, частку хибнопозитивних спрацьовувань, тривалість зворотного зв'язку й відхилення від правил. Виявлені системні причини — відсутній security-тест, неякісне правило SAST або нечіткий критерій приймання — перетворюються на заходи вдосконалення наступного спринту.

Для збереження міжспринтової безперервності введено показник вразливості боргу:

$$D(t) = \Sigma R_i \cdot (1 + \lambda \cdot a_i/T) \quad (3)$$

де $a_i$ — вік невирішеної знахідки у днях, T — тривалість спринту, $\lambda$ — коефіцієнт старіння. На відміну від простого підрахунку відкритих дефектів, $D_t$ одночасно враховує ризик і тривалість відкладення. Зростання $D_t$ у кількох послідовних спринтах є сигналом для виділення місткості команди на усунення накопичених проблем або перегляду порогів і правил тріажу.

**Розподіл відповідальності** не потребує введення нової ролі Scrum. Product Owner узгоджує бізнес-критичність і пріоритет елементів безпекового беклогу; Developers відповідають за реалізацію та виправлення; Scrum Master усуває процесні перешкоди й сприяє дотриманню Definition of Done. Фахівець із безпеки може діяти як сервісна або консультативна функція: визначати політики, допомагати з моделюванням загроз і підтверджувати винятки. Автоматизовані засоби, включно з AI-підтримкою тріажу та поясненням знахідок, виконують допоміжну функцію; остаточне прийняття ризику залишається за уповноваженою людиною.

**Запропонований підхід передбачає дворівневу конфігурацію контролів.** Базовий профіль застосовується до кожної зміни та включає швидкі автоматичні перевірки, трасування результатів і заборону витоку секретів. Розширений профіль активується за ризиковими тригерами: зміною архітектури, меж довіри,

механізмів доступу, криптографії, платіжних процесів або оброблення персональних даних. Він додає моделювання загроз, поглиблений DAST, ручний огляд і, за потреби, перевірку фахівцем. Така адаптивність підтримує пропорційність витрат рівню ризику.

**Наукова новизна** полягає у формалізації взаємозв'язку між подіями Scrum, точками CI/CD та ризик-орієнтованим правилом випуску; у поєднанні технічної серйозності з контекстом експлуатації й критичністю активу; у представленні невиправлених знахідок як вимірюваної вразливості боргу. На відміну від переліку інструментів, схема задає відтворюваний порядок виникнення, оцінювання, блокування, прийняття або відкладення безпекової роботи.

**Практична цінність** полягає у можливості реалізувати схему поверх наявного Scrum-процесу без створення додаткових церемоній. Для впровадження потрібні версіонована політика security gate, уніфікована схема даних знахідки, зв'язок із Product Backlog, визначені власники рішень і протокол винятків. Ефективність доцільно оцінювати за медіанним часом отримання безпекового зворотного зв'язку, часткою хибнопозитивних результатів, часом усунення підтверджених вразливостей, щільністю дефектів, що потрапили у продуктивне середовище, динамікою $D_t$ та зміною спринтової швидкості.

**Обговорення та обмеження.** Наведені ваги й порогове значення мають концептуальний характер та не є універсальними. Їх необхідно калібрувати з урахуванням домену, архітектури, зрілості CI/CD, якості інструментів і компетентності команди. Подальша перевірка передбачає симуляцію послідовності спринтів для хмарно-орієнтованої мікросервісної системи та порівняння трьох режимів: відсутність gate, gate лише за технічною серйозністю і запропонований контекстний gate. Вихідними показниками мають бути частка заблокованих випусків, час усунення, накопичення $D_t$, кількість пропущених високоризикових дефектів і зміна пропускної здатності команди.

**Висновки**

Ризик-орієнтоване вбудовування DevSecOps-контролів у Scrum-спринт дає змогу поєднати безперервні автоматизовані перевірки з емпіричним характером Scrum. Ключовою умовою є перетворення результатів інструментів на керовані процесні рішення: безпекові критерії Product Backlog, контекстну оцінку $R_i$, прозорий security gate та показник вразливості боргу $D_t$. Схема не додає окремих церемоній, але встановлює точки контролю, власників рішень і критерії перенесення ризику між спринтами. Подальше дослідження має бути спрямоване на калібрування ваг, симуляційну перевірку та емпіричне порівняння впливу запропонованого підходу на безпеку й швидкість команди. Отримані результати можуть бути використані як окремий механізм у ширшій моделі інтеграції SSDLC у Scrum-орієнтований DevSecOps.

## Список використаних джерел

1. Schwaber K., Sutherland J. The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game. 2020. URL:

https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf (дата звернення: 10.08.2026).
2. Souppaya M., Scarfone K., Dodson D. Secure Software Development Framework (SSDF) Version 1.1: Recommendations for Mitigating the Risk of Software Vulnerabilities. NIST Special Publication 800-218. Gaithersburg, 2022. DOI: https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-218.
3. OWASP Software Assurance Maturity Model (SAMM), Version 2. OWASP Foundation. URL: https://owasp.org/www-project-samm/ (дата звернення: 10.08.2026).
4. Rajapakse R. N., Zahedi M. M., Babar M. A., Shen H. Challenges and solutions when adopting DevSecOps: A systematic review. Information and Software Technology. 2022. Vol. 141. Art. 106700. DOI: https://doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106700.
5. Prates L., Pereira R. DevSecOps practices and tools. International Journal of Information Security. 2025. Vol. 24. Art. 11. DOI: https://doi.org/10.1007/s10207-024-00914-z.
6. Thool A., Brown C. Securing Agile: Assessing the Impact of Security Activities on Agile Development. Proceedings of the 28th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering. 2024. P. 668–678. DOI: https://doi.org/10.1145/3661167.3661280.
7. Common Vulnerability Scoring System Version 4.0: Specification Document. FIRST. Version 1.2. 2024. URL: https://www.first.org/cvss/v4.0/specification-document (дата звернення: 10.08.2026).

## Section: International Relations

# ЄДИНИМИ БЕНЕФІЦІАРАМИ ГЛОБАЛІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ Є ЛИШЕ КРАЇНИ З ВИСОКИМ РІВНЕМ РОЗВИТКУ?

**Карпунь Нікіта Андрійович**
магістр
Приватне акціонерне товариство «Міжрегіональна
Академія управління персоналом»
Навчально-науковий інститут психології та соціальних наук
Кафедра міжнародних відносин, Україна

Глобалізацію можна виділити як один з основоположних мегатрендів сучасної історії. Світ зазнавав масштабних змін і стало вкрай важко знаходитись в ізольованому становищі без доступу до глобальних технологій, інновацій, ринків збуту, міжнародного спілкування тощо. Але з настанням тренду на глобалізацію почали з'являтися питання щодо неоднозначності користі глобалізаційних процесів для суб'єктів міжнародного права, які не відносяться до групи країн з високим рівнем розвитку. Значна частка емпіричних досліджень сходиться на тому що при обговоренні питання головного бенефіціара слід навести приклад як позитивних так і негативних кейсів, щоб вирішити для себе яка позиція більш об'єктивно відображає реальність сьогодення. [1]

Спочатку розглянемо популярну позицію стосовно того, що глобалізація сильно пришвидшила темп розвитку країн, що розвиваються і допомогла багатьом з них вийти із скрутного положення. Прихильники цієї думки стверджують що з 2006 по 2016 рік нерівне положення між країнами значно знизилось через стрімке зростання в економічному секторі країн з найбільшим населенням на планеті, Індією та Китаєм, а також багатьма іншими державами, що перебувають на етапі розвитку. [2]

Відомий економіст Бранко Міланович, що працював в дослідницькому відділі Світового Банку, вважав що з 1980 року почало простежуватись зниження рівня нерівності доходів у різних країн порівняно з попереднім періодом. Великі масиви даних про середній клас підтверджують це зростання і акцентують увагу на підвищенні соціальної мобільності людей як однієї з ключових переваг глобалізації, що дозволило людям більш активно змінювати професії та покращувати якість свого життя, тим самим стимулюючи розвиток країн, які довго перебували у стані недостатньої рівня розвитку, щоб конкурувати з більш просунутими державами на міжнародній арені. Скорочення глобальної нерівності в галузі споживання товарів і послуг стимулює продовження стрімкого збільшення світового середнього класу. Більше того, деякі дослідження наглядно демонструють кореляцію між відкритістю торгівельних відносин та

трендом на зниження нерівності доходів в країнах, які підтримують та активно впроваджують таку торговельну політику. [3]

Вільна економічна політика є безумовно одним з ключових стовпів розумної глобалізації. Звісно, вона може призводити до негативних наслідків тимчасового характеру, як-от нерівномірне розподілення іноземних інвестицій, які на початковому етапі надходять до найбільш стабільних сфер економіки з високою доданою вартістю, але з плином часу інвестиції починають проникати й в інші сфери економіки, що нівелює недостатню початкову підтримку іноземного капіталу менш розвинутих сфер економіки, тобто це означає, що більшість несприятливих або негативних побічних ефектів глобалізаційного процесу можна уникнути чи частково обмежити їх вплив шляхом створення розумних протекційних механізмів, які б спонукали приватних міжнародних інвесторів, великих держав та недержавних акторів підходити більш раціонально до підтримки сфер економік країн, що розвиваються. [4]

З іншої точки зору, існує поширене твердження що найбільшими вигодоотримувачами виступають виключно передові країни. Звіт про проблему глобальної нерівності за 2026 рік, що був зроблений понад 200 науковцями в World Inequality Lab, заявляє, що найбільші бенефіти від глобалізаційного тренду та економічного росту надходить до незначної кількості найбільш розвинених країн, в той час як велика частина населення світу не може подолати очевидних проблем із забезпеченням стабільних умов для існування. Цю точку зору також можна підкріпити тим, що високорозвинені держави мають власний великий капітал, розвинену інфраструктуру та певні переваги у технологічному розвитку, що дає їм можливість більш активно лобіювати власні інтереси з максимізацією глобалізаційних привілеїв для себе, особливо коли залучені в ланцюги поставок країни, що не мають розвинутої економіки, не можуть конкурувати на рівних. Крім того, за глобальними статистичними даними країни Глобальної Півночі, в яких знаходиться близько 21% населення світу, володіють більш ніж 69% усього багатства планети. Також умови праці для робітників з країн, що розвиваються значно гірші і у більшості випадків не забезпечується належний соціальний захист, який є стандартною практикою для працівників в розвинених країнах. [5], [6]

Підбиваючи підсумки аргументів за та проти думки про те, що єдиними бенефіціарами глобалізаційних процесів є лише країни з високим рівнем розвитку, слід визнати, що глобалізація не створює нові нерівності в світі значною мірою, а підсилює та демонструє людству вже наявні проблеми, що довго не вирішується і не мають однозначної відповіді. Вигоди та витрати при глобалізації як і раніше розподіляються нерівномірно всередині кожного залученого суб’єкта міжнародних відносин. Це може бути як розвинена країна так і країна, що перебуває на початковому етапі власного розвитку, тобто залежно від того наскільки продуманою є конкретна політика країни, її інституції та сфери економіки, настільки більш рівномірне буде розподілення ключових бенефітів.

**Список використаних джерел**

1. Heimberger P. How Economic Globalisation Affects Income Inequality / Philipp Heimberger // The Vienna Institute for International Economic Studies (wiiw). – URL: https://wiiw.ac.at/how-economic-globalisation-affects-income-inequality-n-431.html (дата звернення: 14.08.2026).
2. This is How China's Economy Has Changed in the Last 10 Years // World Economic Forum. – URL: https://www.weforum.org/stories/economic-growth/how-has-china-s-economy-changed-in-the-last-10-years/ (дата звернення: 14.08.2026).
3. Krugman P. Global Inequality: Branko Milanovic / Paul Krugman // Paul Krugman (Substack). – URL: https://paulkrugman.substack.com/p/global-inequality-branko-milanovic (дата звернення: 14.08.2026).
4. Lawson R. A. Economic Freedom / Robert A. Lawson // The Concise Encyclopedia of Economics (Econlib). – URL: https://www.econlib.org/library/Enc/EconomicFreedom.html (дата звернення: 14.08.2026).
5. Global Economic Inequality // World Inequality Report 2026 (World Inequality Lab). – Chapter 1. – URL: https://wir2026.wid.world/insight/global-economic-inequity/ (дата звернення: 14.08.2026).
6. Oxfam Publishes 'Takers Not Makers' Inequality Report // Oxfam South Africa. – URL: https://www.oxfam.org.za/oxfam-publishes-takers-not-makers-inequality-report/ (дата звернення: 14.08.2026).

## Section: Journalism

**DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.005.118-122**

# МОБІЛЬНА ЖУРНАЛІСТИКА ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПЕРАТИВНОГО НОВИННОГО ВИРОБНИЦТВА: МОЖЛИВОСТІ ТА ПРОФЕСІЙНІ ОБМЕЖЕННЯ

**Суханов Андрій Олександрович**
магістр, незалежний дослідник
м. Київ, Україна

**Анотація.** У тезах розглянуто мобільну журналістику (mobile journalism, MoJo) як модель новинного виробництва, у якій смартфон використовується для збирання, фіксації, редагування та оперативного поширення журналістського матеріалу. На основі аналізу наукових праць і професійних досліджень систематизовано ключові переваги MoJo — швидкість, мобільність, доступність до події, багатофункціональність одного пристрою та зниження технічного порогу для польового виробництва. Водночас визначено професійні обмеження: залежність від технічних характеристик пристрою і мережі, ризик погіршення якості аудіовізуального матеріалу, зростання навантаження на одного журналіста та небезпеку підміни редакційної якості технологічною швидкістю. Обґрунтовано, що мобільна журналістика є найбільш ефективною не як заміна повноцінного редакційного виробництва, а як гнучка модель для оперативного репортажу за умови збереження стандартів перевірки, контекстуалізації та редакційної відповідальності.

**Ключові слова:** мобільна журналістика, MoJo, смартфон, цифрова журналістика, новинне виробництво, оперативність, мультимедійний контент.

**Вступ**

Цифровізація новинного виробництва змінила не лише канали поширення інформації, а й набір інструментів, якими журналіст користується безпосередньо на місці події. Смартфон поєднав функції фото- і відеокамери, диктофона, монтажної станції, засобу зв’язку та каналу публікації. У професійній практиці це сформувало окремий підхід — mobile journalism (MoJo), за якого значна частина циклу створення матеріалу виконується на мобільному пристрої. У довідковій літературі мобільна журналістика визначається як практика створення і поширення новин за допомогою портативних електронних пристроїв, насамперед смартфонів і планшетів, із можливістю одразу інтегрувати створений контент у цифрові редакційні потоки та платформи поширення (Wenger, 2020).

Актуальність теми зумовлена суперечністю між двома логіками сучасної журналістики. Перша вимагає максимальної оперативності: редакція прагне

отримати фото, відео, коментар або пряме включення з місця події якомога швидше. Друга логіка пов'язана з професійною якістю — точністю, повнотою контексту, технічною придатністю матеріалу, етикою взаємодії з героями та відповідальністю за оприлюднений зміст. MoJo підсилює першу логіку, але не скасовує другу. Саме тому науково й практично важливо визначити, у яких аспектах смартфон справді розширює можливості журналіста, а де його використання створює нові професійні обмеження.

**Мета і завдання дослідження**

Мета дослідження — систематизувати основні можливості та професійні обмеження мобільної журналістики як інструменту оперативного новинного виробництва. Для досягнення мети поставлено такі завдання: уточнити функціональну специфіку MoJo; виокремити переваги смартфона для роботи журналіста на місці події; проаналізувати технічні, організаційні та професійно-етичні обмеження; визначити умови, за яких мобільне виробництво може поєднувати оперативність із дотриманням журналістських стандартів.

**Матеріал і методи**

Матеріалом дослідження стали наукові публікації, присвячені мобільній журналістиці, а також професійні дослідження Reuters Institute for the Study of Journalism. Використано методи аналізу і синтезу для узагальнення підходів до визначення MoJo, порівняльний метод для зіставлення переваг і обмежень мобільного та традиційного польового виробництва, а також елементи системного аналізу для розгляду смартфона не лише як технічного пристрою, а як компонента редакційного процесу.

**Результати дослідження та їх обговорення**

У науковій літературі мобільна журналістика описується не просто як використання смартфона замість великої камери. Rodrigues, Baldi та Gala (2021) виокремлюють три базові характеристики MoJo — гнучкість, оперативність і доступність. Ці характеристики пов'язані між собою: компактний пристрій полегшує фізичний доступ до події, дає змогу швидко змінювати формат роботи та скорочує час між фіксацією інформації й передаванням матеріалу до редакції. У дослідженні авторів, що поєднало опитування 53 мобільних журналістів та інтерв'ю з експертами, респонденти підтвердили значення швидкості виробництва і різноманітності форматів як важливих рис мобільної журналістики.

Першою ключовою перевагою MoJo є скорочення виробничого циклу. Один журналіст може на місці записати відео, фото, синхрон, голосовий коментар, виконати базовий монтаж і передати матеріал до редакції без очікування окремої технічної групи. Це особливо важливо для подій, де часовий фактор безпосередньо впливає на суспільну цінність інформації: надзвичайні ситуації, масові заходи, пресконференції, спортивні події, локальні інциденти. У такій моделі смартфон виконує роль універсального польового інструмента, а журналіст отримує більшу автономність у первинному виробництві контенту.

Друга перевага — фізична та соціальна доступність. Дослідження Panu Karhunen для Reuters Institute показало, що мобільний журналіст у багатьох ситуаціях може легше наближатися до героя та працювати там, де повноцінна телевізійна група є маломобільною. У польовому експерименті, де до 400 перехожих зверталися або журналіст зі смартфоном, або традиційна знімальна група, частка згоди на інтерв'ю була вищою для мобільного журналіста — 33,5% проти 21% (Karhunen, 2017). Це не означає універсальної переваги смартфона, однак демонструє, що менша технічна присутність іноді знижує психологічну дистанцію між журналістом і співрозмовником.

Третя перевага — мультимедійність. Сучасний смартфон дозволяє одному працівникові створювати матеріали для кількох каналів: коротке вертикальне відео, горизонтальний відеосюжет, фотогалерею, аудіофрагмент, текстову замітку або пряме включення. Таке поєднання відповідає конвергентній логіці цифрових редакцій, у яких один інформаційний привід може отримувати різні форми залежно від платформи. Водночас саме тут виникає ризик надмірної універсалізації журналіста: вимога одночасно знімати, записувати звук, брати інтерв'ю, монтувати й публікувати здатна переводити увагу від змісту матеріалу до технічного виконання.

Дослідження Kumar і Haneef (2018), присвячене інтеграції MoJo у Hindustan Times, показало подвійний ефект мобільної технологізації. З одного боку, журналісти набували нових навичок — роботи з застосунками, коротким відео та мультиплатформним поширенням. З іншого боку, розширення набору технічних обов'язків породжувало відчуття одночасного "en-skilling" і "de-skilling": нові компетентності зростали, але окремі професійні функції могли спрощуватися або підпорядковуватися вимогам швидкого виробництва. Це дає підстави розглядати MoJo не лише як технологічне оновлення, а як зміну організації журналістської праці.

Окрему групу обмежень становлять технічні фактори. Смартфон поступається спеціалізованому обладнанню в роботі зі складним освітленням, оптичним наближенням, тривалим записом, стабільністю звуку та автономністю. Якість матеріалу також залежить від мобільного інтернету, заряду батареї, обсягу пам'яті та сумісності програмного забезпечення. Karhunen (2017) зазначає, що серед проблем мобільної роботи журналісти називали слабшу роботу в умовах недостатнього освітлення та відсутність повноцінного оптичного зуму. Отже, компактність пристрою створює перевагу в доступності, але одночасно встановлює межі технічного контролю над зображенням і звуком.

Професійним обмеженням є і ризик ототожнення швидкості з якістю. Технічна можливість миттєво опублікувати матеріал не означає, що він готовий до публікації з погляду журналістських стандартів. Мобільний журналіст так само має перевіряти факти, ідентифікувати джерела, відокремлювати власні спостереження від припущень, отримувати належну згоду на інтерв'ю там, де це необхідно, та враховувати контекст події. У кризових ситуаціях особливого значення набуває безпека: прагнення отримати кадр не повинно спонукати

журналіста заходити в небезпечну зону лише тому, що смартфон робить знімання технічно простим і непомітним.

Ще одне обмеження пов'язане з професійною ідентичністю. Perreault і Stanfield (2019) у дослідженні мобільних журналістів із шести країн показують, що MoJo перебуває на перетині традиційної, цифрової та lifestyle-журналістики, а його розвиток змінює уявлення журналістів про власні ролі. Це важливо, оскільки мобільний формат часто стимулює коротший, персоналізований і візуально орієнтований спосіб подачі. Така адаптація може посилювати близькість до аудиторії, але не повинна розмивати межу між професійним журналістським повідомленням і звичайним контентом автора соціальних платформ.

Отже, можливості та обмеження MoJo доцільно розглядати як взаємопов'язані. Швидкість є перевагою лише за наявності редакційного контролю; автономність — лише за достатньої професійної підготовки; компактність — лише за розуміння технічних меж; мультимедійність — лише за умови, що кількість виробничих функцій не знижує якість збору та осмислення інформації. Найбільш продуктивною є модель, у якій смартфон скорочує технічну дистанцію між журналістом і подією, але не скорочує процедур перевірки та професійної відповідальності.

**Висновки**

Мобільна журналістика сформувалася як повноцінний інструмент цифрового новинного виробництва, а її ключовими перевагами є оперативність, мобільність, доступність до героїв і подій, універсальність одного пристрою та можливість швидко створювати мультимедійний контент. Вона особливо ефективна для польового репортажу, локальних новин, подій із високою часовою чутливістю та ситуацій, де використання великої технічної групи є недоцільним або неможливим.

Водночас MoJo не усуває базових обмежень журналістської роботи, а частково створює нові. До них належать технічна залежність від пристрою й мережі, потенційно нижча якість аудіо та відео в складних умовах, концентрація багатьох виробничих ролей в одній особі та ризик переваги швидкості над перевіркою і контекстом. Тому професійна цінність мобільної журналістики визначається не самим фактом використання смартфона, а здатністю інтегрувати його в редакційний процес без зниження стандартів достовірності, етики та відповідальності.

Перспективою подальших досліджень є аналіз практик використання MoJo в українських цифрових редакціях, зокрема під час кризового та воєнного репортажу, а також вивчення того, як мобільне виробництво впливає на розподіл ролей, навантаження та професійні компетентності журналістів.

## Список використаних джерел

1. Wenger, D. H. (2020). Mobile Journalism. In T. P. Vos, F. Hanusch, D. Dimitrakopoulou, M. Geertsema-Sligh, & A. Sehl (Eds.), The SAGE Encyclopedia of Journalism. SAGE Publications. https://doi.org/10.4135/9781544391199.n254

2. Rodrigues, L. P. R., Baldi, V., & Gala, A. de C. O. S. (2021). Mobile journalism: The emergence of a new field of journalism. Brazilian Journalism Research, 17(2), 280–305. https://doi.org/10.25200/BJR.v17n2.2021.1368
3. Karhunen, P. (2017). Closer to the Story? Accessibility and Mobile Journalism. Reuters Institute for the Study of Journalism, University of Oxford. https://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/our-research/closer-story-accessibility-and-mobile-journalism
4. Kumar, A., & Haneef, M. S. (2018). Is Mojo (En)De-Skilling? Journalism Practice, 12(10), 1292–1307. https://doi.org/10.1080/17512786.2017.1389291
5. Perreault, G. P., & Stanfield, K. (2019). Mobile Journalism as Lifestyle Journalism?: Field Theory in the Integration of Mobile in the Newsroom and Mobile Journalist Role Conception. Journalism Practice, 13(3), 331–348. https://doi.org/10.1080/17512786.2018.1424021
6. Westlund, O. (2026). Mobile Journalism. In The International Encyclopedia of Journalism Studies. Wiley. https://doi.org/10.1002/9781118841570.iejs0191
7. Reuters Institute for the Study of Journalism. (2023, February 28). “Mobile journalism is the fastest way to change how Africa’s story is told”. https://reutersinstitute.politics.ox.ac.uk/news/mobile-journalism-fastest-way-change-how-africas-story-told

## Section: Jurisprudence

**DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.006.123-129**

# НАУКОВА ДИСКУСІЯ ЩОДО ОКРЕМИХ ПОЛОЖЕНЬ ПРОЕКТУ ЗАКОНУ №11228-1 ВІД 10.05.2024: ЛОБІЗМ ЧИ НАУКОВИЙ (ЮРИДИЧНИЙ) ПІДХІД

**Шамара Олександр**
радник директора Державної наукової установи
«Інститут інформації, безпеки і права
Національної академії правових наук України»
доктор філософії в галузі права, старший дослідник, доцент
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0571-0437
**Комашко Володимир**
завідувач відділу правової та антикорупційної політики
Національного інституту стратегічних досліджень,
Заслужений юрист України
доктор філософії у галузі права, старший дослідник,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1851-8548
**Чалован Віктор**
доктор філософії,
Заслужений юрист України
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-1253-4057

05 червня 2024 року Верховною Радою України прийнято за основу у першому читанні проект Закону про внесення змін до Кримінального та Кримінального процесуального кодексів України, інших законодавчих актів України щодо врегулювання питань протидії розвідувально-підривній діяльності спеціальних служб іноземних держав (реєстраційний номер 11228-1 від 10.05.2024; надалі – «законопроект №11228-1») [1].

Законопроект №11228-1 містить ряд положень, які виходять за межі чинного законодавства України, зокрема Конституції України. На це звертає увагу Головне юридичне управління Апарату Верховної Ради України [2]. Зокрема, Головним юридичним управлінням Апарату Верховної Ради України у листі від 15.07.2024 №07/2-2024/156163 зазначається, що «Зі змісту статті 43 Кримінального кодексу України (у редакції законопроекту) вбачається, що для осіб, які відповідно до закону в інтересах забезпечення національної безпеки і оборони України виконували контррозвідувальне (спеціальне) або розвідувальне (спеціальне) завдання, встановлюється абсолютний імунітет від кримінальної відповідальності незалежно від характеру та розміру шкоди, заподіяної правоохоронюваним інтересам.

На сьогодні Конституцією України визначено лише дві категорії посадових осіб, які мають відповідний обсяг статусного імунітету – це глава держави та судді (статті 106 та 126 Конституції України). Імунітет народного депутата України, як відомо, анульовано змінами до Конституції України (Закон України «Про внесення змін до статті 80 Конституції України (щодо недоторканності народних депутатів України)» від 3 вересня 2019 року № 27-IX). Відтак з положень Основного Закону України не випливає можливість впровадження статусного імунітету, що передбачається законопроектом.

Крім того, з огляду на особливості правового режиму здійснення розвідувальної та контррозвідувальної діяльності подібний концептуальний підхід не враховує положень статей 3, 8, 64, 68 Конституції України, відповідно до змісту яких людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканність і безпека визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю. Права і свободи людини та їх гарантії визначають зміст і спрямованість діяльності держави. Держава відповідає перед людиною за свою діяльність. Утвердження і забезпечення прав і свобод людини є головним обов'язком держави.

В Україні визнається і діє принцип верховенства права. Конституція України має найвищу юридичну силу. Закони та інші нормативно-правові акти приймаються на основі Конституції України і повинні відповідати їй. Конституційні права і свободи людини і громадянина не можуть бути обмежені, крім випадків, передбачених Конституцією України.

Кожен зобов'язаний неухильно додержуватися Конституції України та законів України, не посягати на права і свободи, честь і гідність інших людей.

Отже, запровадження абсолютного імунітету від кримінальної відповідальності, як це передбачено законопроектом, не враховує конституційні засади існування України як демократичної, правової держави.» [2].

Крім того, в адресу Комітету з питань правоохоронної діяльності Верховної Ради України було скеровано лист народного депутата України за № 424д9/5-2025/186038 від 12.08.2025 року, в якому викладені проблемні питання, які потребують врегулювання до другого читання проекту закону «Про внесення змін до Кримінального та Кримінального процесуального кодексів України, інших законодавчих актів України щодо врегулювання питань протидії розвідувально-підривній діяльності спеціальних служб іноземних держав» (реєстр. №11228-1 від10.05.2024). У листі, крім іншого, були підняті питання щодо удосконалення прокурорського нагляду за контррозвідувальною діяльністю, в розрізі запропонованих у Законопроекті №11228-1 положень.

Упродовж останніх років було опубліковано ряд наукових публікацій за результатами аналізу, у тому числі Законопроекту №11228-1 [3; 4; 5; 6].

Крім того, звертає на себе увагу той факт, що Дослідницькою службою Верховної Ради України підготовлено Парламентське дослідження «Щодо удосконалення функціональної спроможності органів прокуратури у контексті посилення прокурорського нагляду за дотриманням законності органами і підрозділами, що здійснюють оперативно-розшукову та контррозвідувальну

діяльність» [7], а також в адресу Верховної Ради України, Кабінету Міністрів України та Офісу Генерального прокурора листом за №293/208 від 17.03.2025 року Національним інститутом стратегічних досліджень було скеровану аналітичну записку «Щодо посилення прокурорського нагляду за дотриманням законності органами та підрозділами, що здійснюють контррозвідувальну діяльність».

У цьому зв'язку доцільно звернути увагу на те, що Офісом Генерального прокурора у листі за №10/3-3131ВИХ-25 від 10.04.2025 року висловлено позицію прокуратури України щодо підтримки удосконалення прокурорського нагляду за дотриманням законності органами та підрозділами, що здійснюють контррозвідувальну діяльність.

Крім того, Генеральний прокурор, за результатами вивчення аналітичної записки Національного інституту стратегічних досліджень «Щодо посилення прокурорського нагляду за дотриманням законності органами та підрозділами, що здійснюють контррозвідувальну діяльність», у своєму листі за №05/5/1-59279ВИХ-25 від 07.07.2025 року висловив концептуальну підтримку ідеї удосконалення прокурорського нагляду за дотриманням законності органами та підрозділами, що здійснюють контррозвідувальну діяльність, зазначивши про необхідність уточнення меж прокурорського нагляду за контррозвідувальною діяльністю.

Слід зауважити, що листом народного депутата України від 16.04.2025 року №424д9/9-2025/88896 в адресу Національного інституту стратегічних досліджень науково-дослідну установу науково-аналітичного супроводження діяльності Президента України було поінформовано про позицію Офісу Генерального прокурора (лист за № 10/3-3131ВИХ-25 від 10.04.2025 року), за результатом опрацювання прокуратурою аналітичної записки консультативно-дорадчого органу при Президентові України «Щодо посилення прокурорського нагляду за дотриманням законності органами та підрозділами, що здійснюють контррозвідувальну діяльність», зокрема в листі Офісу Генерального прокурора зазначається, що:

«Офіс Генерального прокурора погоджується із пропозиціями Національного інституту стратегічних досліджень, викладеними в аналітичній записці «Щодо посилення прокурорського нагляду за дотриманням законності органами та підрозділами, що здійснюють контррозвідувальну діяльність».

Водночас приписи Закону України «Про контррозвідувальну діяльність», згідно з якими нагляд за додержанням законів під час проведення контррозвідувальної діяльності здійснюється лише Генеральним прокурором, виконувачем його обов'язків або уповноваженими наказом Генерального прокурора заступниками Генерального прокурора, є застарілими та потребують законодавчих змін і доповнень.».

Національний інститут стратегічних досліджень є базовою науково-дослідною установою науково-аналітичного супроводження діяльності Президента України, Ради національної безпеки і оборони України.

Національний інститут стратегічних досліджень є консультативно-дорадчим органом при Президентові України [8].

В рамках викладеного, звернула на себе увагу аналітична записка науково-дослідної установи науково-аналітичного супроводження діяльності Президента України «Трансформація Служби безпеки України в умовах екзистенційної війни: баланс між євроінтеграційними стандартами та безпековою стійкістю» (оприлюднено 05.08.2026 року на офіційному сайті Національного інституту стратегічних досліджень) [9].

Науковцями консультативно-дорадчого органу при Президентові України було констатовано та запропоновано Верховній Раді України:

«… невідкладно розглянути законопроєкт реєстраційний № 11228-1, що отримав позитивну оцінку DCAF і підтримку союзників по НАТО, а також забезпечити функціонування профільного парламентського комітету з контрольними функціями щодо органів спеціального призначення у складі парламенту наступного скликання.» [9].

Авторами аналітичної записки «Трансформація Служби безпеки України в умовах екзистенційної війни: баланс між євроінтеграційними стандартами та безпековою стійкістю» також зазначається, що:

«На розгляді Верховної Ради України перебуває проєкт Закону України «Про внесення змін до Кримінального та Кримінального процесуального кодексів України, інших законодавчих актів щодо врегулювання питань протидії розвідувально-підривній діяльності спеціальних служб іноземних держав» (реєстраційний № 11228-1). Ним пропонується запровадити інститут звільнення від кримінальної відповідальності за виконання спеціальних розвідувальних (контррозвідувальних) завдань, законодавчо закріпити правовий захист співробітників спеціальних служб та осіб, які на конфіденційній основі їм сприяють, уточнити мету, завдання й підстави контррозвідувальної діяльності. Водночас установлено заборону на збирання, перевірку та оцінку доказів у кримінальному провадженні в межах контррозвідувальної діяльності, що є суттєвим запобіжником проти змішування функцій.

Законопроєкт отримав позитивний відгук за результатами експертної оцінки фахівців DCAF, які наголосили, що з порушеного питання не існує спільних стандартів, політик і рекомендованого зразка законодавства в межах держав-членів ЄС і НАТО, а запропоновані положення узгоджуються з їхніми нормами. Союзниками по НАТО підкреслено, що ухвалення законопроєкту має вирішальне значення для безпеки України, а передбачені гарантії відповідають стандартам Альянсу.»

Нажаль з аналітичної записки базової науково-дослідної установи науково-аналітичного супроводження діяльності Президента України «Трансформація Служби безпеки України в умовах екзистенційної війни: баланс між євроінтеграційними стандартами та безпековою стійкістю» не випливає, що до такого висновку її автори дійшли на підставі власних наукових розвідок, аналізу

законодавства України або за результатом аналізу інших наукових розробок здійснених за цим напрямом [3; 4; 5; 6; 10; 11; 12; 13; 14; 15].

Автори аналітичної записки Національного інституту стратегічних досліджень «Трансформація Служби безпеки України в умовах екзистенційної війни: баланс між євроінтеграційними стандартами та безпековою стійкістю» свої висновки закріпили фразами «…Законопроєкт отримав позитивний відгук за результатами експертної оцінки фахівців DCAF…» та «законопроєкт реєстраційний № 11228-1, що отримав позитивну оцінку DCAF і підтримку союзників по НАТО» без відповідних посилань на документи, які стали основою для таких висновків фахівців Національного інституту стратегічних досліджень.

Слід сподіватися, що у наступних наукових розвідках науковців консультативно-дорадчого органу при Президентові України наукова спільнота, народні депутати України побачать посилання на документи, які підтверджують висновки (рекомендації) та тези науковців, особливо в частині «отримав позитивну оцінку DCAF і підтримку союзників по НАТО», а окремо дізнатись на якому офіційному рівні отримано офіційні документи союзників по НАТО в адресу Верховної Ради України, Президента України та Кабінету Міністрів України, щодо підтримки законопроєкту реєстраційний № 11228-1, насамперед в частині запровадження інституту звільнення від кримінальної відповідальності за виконання спеціальних розвідувальних (контррозвідувальних) завдань.

Звертає на себе також увагу те, що науковцями консультативно-дорадчого органу при Президентові України не взято до уваги лист народного депутата України від 16.04.2025 року №424д9/9-2025/88896 в адресу Національного інституту стратегічних досліджень, а також лист Національного інституту стратегічних досліджень №293/208 від 17.03.2025 в адресу Верховної Ради України, Офісу Президента, Кабінету Міністрів України та Офісу Генерального прокурора, яким було скеровано аналітичну записку «Щодо посилення прокурорського нагляду за дотриманням законності органами та підрозділами, що здійснюють контррозвідувальну діяльність». Жодного посилання на ці документи відсутні в аналітичній записці «Трансформація Служби безпеки України в умовах екзистенційної війни: баланс між євроінтеграційними стандартами та безпековою стійкістю» [9].

В аналітичній записці «Щодо посилення прокурорського нагляду за дотриманням законності органами та підрозділами, що здійснюють контррозвідувальну діяльність» на підставі аналізу стану унормування процесу організації та здійснення нагляду прокуратури за додержанням законів під час проведення контррозвідувальної діяльності запропоновані відповідні зміни до законодавства в рамках законопроекту про внесення змін до Кримінального та Кримінального процесуального кодексів України, інших законодавчих актів України щодо врегулювання питань протидії розвідувально-підривній діяльності спеціальних служб іноземних держав (реєстр. №11228-1 від 10.05.2024).

**Список використаних джерел**

1. Про внесення змін до Кримінального та Кримінального процесуального кодексів України, інших законодавчих актів України щодо врегулювання питань протидії розвідувально-підривній діяльності спеціальних служб іноземних держав. Проєкт Закону від 10.05.2024 № 11228-1. Верховна Рада України. URL: https://itd.rada.gov.ua/billinfo/Bills/Card/44187 (дата звернення: 19.08.2026).
2. Зауваження до проекту Закону України про внесення змін до Кримінального кодексу України та інших законів України щодо врегулювання питань протидії розвідувально-підривній діяльності спеціальних служб іноземних держав. Лист Головного юридичного управління Апарату Верховної Ради України від 15.07.2024 №07/2-2024/156163. Верховна Рада України. URL: blob:https://itd.rada.gov.ua/df62bd70-8272-465e-9aaf-079624257ac8 (дата звернення: 19.08.2026).
3. Shamara O.V. Komashko V.V. État actuel du contrôle du parquet sur le respect de la loi par les organismes et unités menant des activités de contre-espionnage. «Débats scientifiques et orientations prospectives du développement scientifique: c avec des matériaux de la VIII conférence scientifique et pratique internationale, Paris, 4 avril 2025. Paris: La Fedeltà, 2025. – C. 67-77.
4. Шамара О.В., Комашко В.В. Нагляд прокурора за додержанням Конституції та законів України органами та підрозділами, що проводять контррозвідувальну діяльність: законодавчий та суб'єктивний аспект // Інформація і право. Науковий журнал. № 2(53) (2025). – С.244-257.
5. Шамара О.В., Комашко В.В. Контррозвідувальна діяльність організації нагляду прокурора за додержанням Конституції та законів України органами та підрозділами, що її провадять. Проблеми формування й реалізації державної політики в секторі безпеки та оборони : матеріали Міжрегіонального круглого столу (м.Київ, 23 травня 2025 р.) – Київ : Київський інститут Національної гвардії України, 2025. С.125-138.
6. Шамара О.В., Комашко В.В. Щодо посилення прокурорського нагляду за дотриманням Конституції та законів України органами та підрозділами, що здійснюють контррозвідувальну діяльність. Забезпечення правопорядку та протидії злочинності в Україні та у світі: проблеми та шляхи їх вирішення : матер. V Міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпро, 27 черв. 2025 р.). Дніпро : ВНПЗ «Дніпровський гуманітарний університет», 2025. С.76-86.
7. Парламентське дослідження щодо удосконалення функціональної спроможності органів прокуратури у контексті посилення прокурорського нагляду за дотриманням законності органами і підрозділами, що здійснюють оперативнорозшукову та контррозвідувальну діяльність. Верховна Рада України. URL: https://research.rada.gov.ua/uploads/documents/33698.pdf (дата звернення: 19.08.2026).
8. Статут Національного інституту стратегічних досліджень. Указ Президента України від 7 жовтня 2019 року № 737/2019. Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/737/2019#Text (дата звернення: 19.08.2026).

9. Трансформація Служби безпеки України в умовах екзистенційної війни: баланс між євроінтеграційними стандартами та безпековою стійкістю. Аналітична записка Національного інституту стратегічних досліджень. Національний інститут стратегічних досліджень. URL: https://niss.gov.ua/doslidzhennya/natsionalna-bezpeka/transformatsiya-sluzhby-bezpeky-ukrayiny-v-umovakh (дата звернення: 19.08.2026).
10. Шамара О.В. Виконання положень дорожньої карти з питань верховенства права в контексті унормування розвідувальної діяльності // Інформація і право. Науковий журнал. №1(56) (2026). – С.180-187. DOI: https://doi.org/10.37750/2616-6798.2026.1(56).357385.
11. Шамара О.В. Розвиток Бюро економічної безпеки України в контексті реалізації дорожньої карти з питань верховенства права та комплексного стратегічного плану реформування органів правопорядку як частини сектору безпеки і оборони України на 2023–2027 роки. Питання боротьби зі злочинністю. Збірник наукових праць. Том 1 № 50 (2025). – С.192-202. DOI: https://doi.org/10.31359/2079-6242-2025-50-192.
12. Комашко В.В., Шамара О.В. Окремі проблемні аспекти нормативно-правового регулювання протидії тероризму та його стратегічні орієнтири (частина перша) // Інформація і право. Науковий журнал. № 4(55) (2025). – С.244-257. DOI: https://doi.org/10.37750/2616-6798.2025.4(55).346489.
13. Komashko V.V., Shamara O.V. Certain problematic aspects of the regulatory and legal regulation of countering terrorism and its strategic guidelines (part two). Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference «Scientific Innovation: Theoretical Insights and Practical Impacts» (April 13-15, 2026, Naples, Italy). European Open Science Space. 2026. https://doi.org/10.70286/EOSS-13.04.2026.005.97-107.
14. Шамара О.В. Комплексний стратегічний план реформування органів правопорядку як частини сектору безпеки і оборони України на 2023-2027 роки: законодавчі шляхи реалізації (частина перша) // Право і суспільство. Науковий журнал. №4, том №2 (2025). – С.108-117. https://doi.org/10.32842/2078-3736/2025.4.2.17.
15. Shamara O.V., Mikhailov I.M. Individual directions of implementation of the Comprehensive Strategic Plan for Reforming Law Enforcement Agencies as Part of the Security and Defense Sector of Ukraine for 2023-2027, in the context of the Roadmap on the Rule of Law. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference «Scientific Exploration: Bridging Theory and Practice» (July 27-29, 2026, Berlin, Germany). European Open Science Space. 2026. – P.77-84. https://doi.org/10.70286/EOSS-27.07.2026.003.77-83.

DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.007.130-132

# ЕЛЕКТРОННІ ДОКАЗИ У ЦИВІЛЬНОМУ СУДОЧИНСТВІ УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ ДОПУСТИМОСТІ ТА ОЦІНКИ

**Урбан Володимир Анатолійович**
незалежний дослідник, підприємець
Україна

Цифровізація суспільних відносин істотно змінила не лише способи спілкування, а й саму природу доказової інформації. Сьогодні юридично значущі домовленості часто виникають і фіксуються без традиційного паперового документа: у листуванні електронною поштою, месенджерах, особистих кабінетах, соціальних мережах та інших цифрових сервісах. За таких умов цивільний процес не може залишатися орієнтованим виключно на класичні письмові докази. Електронні дані фактично стають звичайною частиною повсякденних правовідносин, а тому питання їх належного використання в суді має безпосереднє значення для ефективності судового захисту.

Правове визначення електронних доказів закріплено у Цивільному процесуальному кодексі України. Відповідно до ст. 100 ЦПК України ними є інформація в електронній (цифровій) формі, що містить дані про обставини, які мають значення для справи. Законодавець відносить до таких доказів, зокрема, електронні документи, зображення, фотографії, відео- та звукозаписи, вебсайти і вебсторінки, повідомлення, метадані, бази даних та інші цифрові відомості [1]. Широта цього переліку є виправданою, оскільки технології змінюються значно швидше, ніж процесуальне законодавство, а надто вузьке визначення швидко втратило б практичну цінність.

Ключова особливість електронного доказу полягає не стільки у відсутності паперового носія, скільки у специфічному способі існування інформації. Один і той самий файл або повідомлення може одночасно зберігатися на кількох пристроях, сервері сервісу чи у хмарному сховищі. Через це традиційне уявлення про єдиний «оригінал» не завжди легко перенести у цифрове середовище. Для суду важливішим стає питання, чи можна встановити походження інформації, перевірити її цілісність та виключити істотне спотворення змісту. Саме тому форма подання електронного матеріалу не повинна оцінюватися ізольовано від можливості перевірити його достовірність.

Загальні засади використання електронних документів визначає Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг» [2]. Водночас для цивільного процесу важливим є не лише юридичне визнання електронної форми документа. Електронний підпис, позначка часу або інший технічний реквізит можуть підвищувати довіру до цифрового матеріалу, але не

визначають наперед його доказову силу. Технічна автентичність і процесуальна переконливість не є тотожними: суд має встановити, яку саме обставину підтверджує інформація, чи можна перевірити її походження та наскільки вона узгоджується з іншими матеріалами справи.

Однією з найскладніших практичних проблем залишається встановлення автора електронного повідомлення. У постанові від 26 липня 2023 року у справі № 509/7127/21 Касаційний цивільний суд у складі Верховного Суду звернув увагу на можливість установити авторів листування та його зміст під час оцінки електронної комунікації [3]. Ця позиція має принципове значення: сам скріншот або роздруківка повідомлення ще не дає вичерпної відповіді на питання, хто саме здійснював комунікацію. Отже, цифровий доказ потребує контексту — даних про обліковий запис, номер телефону, послідовність повідомлень, поведінку сторін та інші обставини, що дозволяють пов’язати інформацію з конкретною особою.

Видається, що надмірно формальний підхід до електронних доказів був би так само проблемним, як і їх некритичне прийняття. Якщо будь-який скріншот автоматично визнавати достовірним, створюється ризик використання неповної або зміненої інформації. Якщо ж вимагати від кожного учасника складної технічної фіксації кожного повідомлення, це може істотно ускладнити доступ до правосуддя. Тому найбільш обґрунтованим є диференційований підхід: чим більше сумнівів викликає походження або цілісність цифрового матеріалу і чим важливішим він є для результату спору, тим ретельнішою має бути його перевірка.

Показовою у цьому контексті є постанова Касаційного цивільного суду у складі Верховного Суду від 4 лютого 2026 року у справі № 758/14925/23. Суд пов’язав можливість перевірки достовірності, цілісності та незмінюваності електронного документа з видом електронного підпису та способом його перевірки [4]. Практична цінність такого підходу полягає в тому, що технічні характеристики документа розглядаються не як формальність, а як інструмент встановлення довіри до доказу. Водночас технічна перевірка не замінює судової оцінки змісту документа і його зв’язку з предметом доказування.

Особливої уваги потребують скріншоти вебсторінок, публікацій у соціальних мережах та листування в месенджерах. Їх перевагою є простота фіксації, однак саме ця простота створює і слабке місце: зображення може не відображати повного контексту, часу створення, попередніх повідомлень або подальшого редагування. У науковій літературі справедливо наголошується на необхідності враховувати специфіку електронних доказів при визначенні їх допустимості та оцінці в цивільному процесі [5]. На наш погляд, ключовим тут має бути не пошук одного універсального технічного критерію, а встановлення достатньої сукупності ознак, які роблять цифрову інформацію переконливою у конкретній справі.

Важливо розмежовувати допустимість електронного доказу та його доказову силу. Матеріал може відповідати процесуальним вимогам і бути прийнятим судом, але при цьому мати невелику переконливість. Наприклад, окреме повідомлення може підтверджувати факт певної комунікації, проте без контексту воно не завжди дозволяє достовірно визначити зміст домовленості між сторонами. Звідси випливає, що електронні докази особливо потребують оцінки у взаємозв'язку з іншими матеріалами справи. Саме сукупність даних, а не технічна форма одного файла чи знімка екрана, повинна формувати переконання суду щодо фактичних обставин спору.

Таким чином, подальший розвиток інституту електронних доказів має бути спрямований не на створення максимальної кількості формальних вимог, а на забезпечення надійної та водночас доступної процедури перевірки цифрової інформації. Оптимальна модель повинна поєднувати три елементи: можливість установити джерело інформації, засоби перевірки її цілісності та оцінку змісту у сукупності з іншими доказами. Такий підхід дозволяє врахувати технічну природу цифрових даних, не перетворюючи цивільний процес на суто технічну експертизу. Електронний доказ повинен бути не «сильнішим» чи «слабшим» за традиційний лише через свою форму; вирішальним має залишатися те, наскільки достовірно він допомагає встановити обставини конкретної справи. Такий баланс відповідає завданню ефективного судового захисту в умовах цифрового суспільства.

## Список використаних джерел

1. Цивільний процесуальний кодекс України : Кодекс України від 18.03.2004 № 1618-IV. Редакція від 05.08.2026. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/1618-15 (дата звернення: 21.08.2026).
2. Про електронні документи та електронний документообіг : Закон України від 22.05.2003 № 851-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/851-15 (дата звернення: 21.08.2026).
3. Постанова Верховного Суду у складі колегії суддів Першої судової палати Касаційного цивільного суду від 26.07.2023 у справі № 509/7127/21 (провадження № 61-5537св23). URL: https://reyestr.court.gov.ua/Review/113203868 (дата звернення: 21.08.2026).
4. Постанова Верховного Суду у складі колегії суддів Першої судової палати Касаційного цивільного суду від 04.02.2026 у справі № 758/14925/23 (провадження № 61-4523св25). URL: https://reyestr.court.gov.ua/Review/133947146 (дата звернення: 21.08.2026).
5. Парасюк М. В. Електронні (цифрові) докази в цивільному процесі. Аналітично-порівняльне правознавство. 2025. Т. 1, № 4. С. 387–392. DOI: https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.04.1.60.

# ПРИНЦИП ДОБРОПОРЯДНОСТІ (BONI MORES) В ОНОВЛЕНОМУ ЦИВІЛЬНОМУ ЗАКОНОДАВСТВІ УКРАЇНИ

**Іванісов Роман**
аспірант
Кафедра міжнародного та європейського права
Хмельницький університет управління та права
імені Леоніда Юзькова, Україна

Еволюція європейського приватного права демонструє інтеграцію етичних норм у правове регулювання цивільних відносин, що є закономірним наслідком загальної моралізації приватного права та подолання жорсткого позитивістського підходу, який протиставляв норми права та норми загальнолюдської моралі. Тому необхідної уваги заслуговує принцип добрих звичаїв (boni mores, у сучасній українській термінології Проєкту № 15150 [3] – «доброзвичайність»). Треба зазначити, що саме принцип доброзвичайності став однією з найбільш обговорюваних та резонансних новел ЦК України. Впровадження цієї категорії замість застарілого, ідеологізованого радянського конструкту «моральні засади суспільства» покликане не лише здійснити остаточну термінологічну узгодженість приватноправового інструментарію, а й надати судовому правозастосуванню принципово нову якість.

Історичні витоки принципу boni mores безпосередньо пов'язані з необхідністю встановлення зовнішніх етичних меж індивідуальної свободи та автономії волі, які правопорядок відмовляється санкціонувати з міркувань захисту публічного інтересу, гідності людини та загальнолюдських цінностей. У класичному римському правовому полі етична межа приватної автономії виражалася через фундаментальне та імперативне правило, згідно з яким будь-які приватні домовленості не можуть суперечити чинним законам та добрим звичаям [4, p. 54]. Добрі звичаї розумілися римськими юристами як сукупність неписаних, проте загальновизнаних у суспільстві етичних правил, традицій та уявлень про пристойність, чесність та чесноту, які підтримувалися не лише релігійними приписами чи громадським осудом, а й дієвим цензорським наглядом та преторським едиктом. Досить помітною регуляторна роль boni mores є в межах інституту безпідставного збагачення, зокрема через кондикцію за аморальною або неправомірною підставою.

Варто зазначити, що у вимірі загальноєвропейської цивілістичної науки категорії добросовісності та доброзвичайності утворюють умовне поєднання в межах приватного права. Добросовісність є суб'єктивним та інтерактивним інструментом, орієнтованим на «внутрішній» баланс інтересів конкретних сторін зобов'язання, тоді як доброзвичайність виступає об'єктивним та «зовнішнім» моральним фільтром суспільства, який охороняє публічний порядок,

загальнолюдські цінності та права третіх осіб від нівелювання приватними угодами (соціальна справедливість). Це розмежування має вирішальне методологічне значення для рекодифікації цивільного законодавства України, оскільки спроба поєднати або змішати ці дві категорії в межах однієї загальної засади призведе до розмивання їхніх функціональних меж.

У чинній редакції ЦК України 2003 року та СК України використовуються формулювання «моральні засади суспільства» та «суспільна мораль» [5]. Ці конструкції є прямим термінологічним наслідком радянської цивілістичної доктрини. Зокрема, в Цивільному кодексі УРСР 1963 року використовувалося поняття «моральні принципи суспільства, що будує комунізм». Відповідно, пострадянська кодифікація 2003 року лише частково модернізувала цей термін, вилучивши ідеологічну складову, проте зберегла саму логіку. В умовах інтеграції України до європейського приватного права виникла гостра потреба в оновленні понятійно-категоріального апарату та поверненні до питомих, історично обґрунтованих національних термінів, які водночас безперешкодно інтегруються у загальноєвропейський контекст, відображаючи спільні європейські цінності та особливості національної ідентичності в праві.

Етимологічний аналіз свідчить, що слово «доброзвичайність» не є штучним новотвором чи запозиченням з іноземних правових систем. Іменник «доброзвичайність» утворено від прикметника «доброзвичайний», що означає «пристойний, етичний, шляхетний, такий, що відповідає загальноприйнятим уявленням про належну поведінку». Українська мова, на відміну від російської, не має органічного кореня «нрави» (від якого утворюється російське «добрые нравы»), натомість має питоме слово «звичаї». Відтак, термін «доброзвичайність» є максимально точним та семантично виправданим для передачі змісту загальноєвропейського стандарту boni mores [2].

Попри лінгвістичну автентичність, використання цього терміна у сучасному законопроєкті викликало жваві дискусії.

Проте критики законопроєкту № 15150 з-поміж представників громадянського суспільства та правозахисних організацій (зокрема, ГО «Марш жінок», Центру прав людини ZMINA та ГО «Інсайт») вказують, що проблема полягає не стільки у лінгвістичній автентичності терміна, скільки у загрозі повернення держави до ролі морального наглядача над приватним життям громадян [1]. Відповідно наділення суддів правом оцінювати приватні відносини за критерієм «доброзвичайності» без чітко визначених законодавчих меж викликає обґрунтовані побоювання щодо можливості суб'єктивного тлумачення моралі конкретним суддею залежно від його особистих, релігійних чи консервативних переконань. Це може призвести до порушення принципу правової визначеності, який є невід’ємною складовою верховенства права в демократичному суспільстві.

Крім того, у чинному ЦК України моральні засади суспільства виконували переважно роль загального ціннісного орієнтира, фонового принципу, який суди вкрай рідко застосовували як самостійну правову підставу для вирішення спорів.

Проте в оновленому ЦК України доброзвичайність стає безпосереднім інструментом правового регулювання та вбудовується у механізм оцінки правомірності поведінки сторін. Слово «доброзвичайність» згадується у тексті законопроєкту понад 40 разів, що свідчить про наскрізний характер цього принципу. Згідно зі ст. 6 проєкту, приватні відносини регулюються з урахуванням доброзвичайності, яка визначається як «сукупність моральних норм та принципів, стандартів етичної поведінки та загальновизнаних у суспільстві уявлень про належну поведінку, усталених у суспільстві». Тобто етична норма стає прямим юридичним інструментом, на який судді зможуть посилатися як на самостійну підставу для вирішення спорів.

Окрім загальних положень про договори, у проєкті нового Цивільного кодексу України принцип доброзвичайності (boni mores) інтегрований у низку конкретних інститутів, де його застосування несе як позитивний ефект, так і певні ризики для прав людини та свободи слова.

На нашу думку, у системі приватноправового регулювання рекодифікованого ЦК України принцип доброзвичайності повинен виконувати функцію імперативної етичної межі приватних відносин, застосування якої судами має бути чітко обмежене вимогами пропорційності та неприпустимості втручання держави у сферу особистої свободи та автономії людини. Тільки за такого збалансованого підходу рекодифікація приватного права України зможе досягти своєї мети у побудові сучасної, європейської системи приватного права.

## Список використаних джерел

1. Крикуненко, М. (2026, 15 травня). Доброзвичайність, час на примирення при розлученні та ігнорування ЛГБТ-пар: чому критикують новий проєкт Цивільного кодексу. Права людини в Україні. Інформаційний портал ХПГ. https://khpg.org/1608815750
2. Походить від латини: Стефанчук розповів, звідки у проєкті Цивільного кодексу взялась «доброзвичайність». (2026, 6 травня). Українська правда. Життя. https://life.pravda.com.ua/society/stefanchuk-poyasniv-shcho-take-dobrozvichaynist-u-civilnomu-kodeksi-314828/
3. Проєкт Цивільного кодексу України № 15150. (2026). Верховна Рада України. https://itd.rada.gov.ua/049c4617-5aed-4979-8f79-823b58140462
4. Sobczyk, M. (2015). Irrevocability of performance rendered for mutually illegal or immoral purpose in Roman law. Comparative Law Review, 19, 53–78. https://doi.org/10.12775/CLR.2015.003
5. Стефанчук, Р. О. (2026, 6 травня). Термін «доброзвичайність» у проєкті Цивільного кодексу замінює пострадянські «моральні засади суспільства». Інтерфакс-Україна. https://interfax.com.ua/news/general/1165413.html

# ОЦІНКА ВАРТОСТІ СИСТЕМ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГІЇ (ДОМАШНІХ ІНВЕРТОРІВ ТА АКУМУЛЯТОРІВ) ПІСЛЯ ТРИВАЛИХ ЦИКЛІВ НЕНОРМОВАНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

**Сирота Олександр**
завідувач відділу
Відділ товарознавчих та гемологічних досліджень
Миколаївський науково-дослідний експертно-криміналістичний
центр МВС України, Україна

**Анотація.** У статті досліджено практичні аспекти товарознавчої оцінки залишкової вартості побутових систем збереження енергії (ПСЗЕ) в умовах їх інтенсивної експлуатації. Розглянуто основні причини та ознаки фізичного старіння гібридних інверторів та літієвих акумуляторних батарей під впливом регулярних перевантажень, глибоких розрядів та температурних коливань. Запропоновано логічну та доступну методику визначення ринкової вартості вживаного обладнання без застосування громіздких математичних моделей, що базується на апаратному аналізі показника стану здоров'я (СЗ) батареї та оцінці умов експлуатації силової електроніки.

**Ключові слова:** товарознавча експертиза, залишкова вартість, гібридний інвертор, літієвий акумулятор, знос техніки, ненормоване навантаження, стан здоров'я батареї.

**Вступ.** Масове використання систем автономного живлення — комплектів із гібридного інвертора та потужного літієвого акумулятора — стало невід'ємною частиною забезпечення життєдіяльності приватних домогосподарств та об'єктів малого бізнесу в Україні. Проте тривалі відключення централізованого електропостачання змушують це обладнання працювати в екстремальних режимах. Постійні глибокі розряди, спроби прискореного заряджання високими струмами, експлуатація в некондиціонованих (запилених або занадто гарячих) приміщеннях призводять до передчасного та нерівномірного зносу компонентів ПСЗЕ [1].

Для експертів-товарознавців оцінка такої техніки на вторинному ринку або в межах визначення матеріальних збитків є серйозним викликом. Стандартний підхід, що враховує лише календарний вік приладу, у цьому випадку повністю втрачає свою актуальність, оскільки технічний стан двох аналогічних систем після двох років роботи може кардинально відрізнятися через різні рівні навантаження.

**Мета та задачі дослідження.** Метою дослідження є розробка та обґрунтування простої для сприйняття, але науково вивіреної методики товарознавчої оцінки реальної залишкової вартості систем збереження енергії після тривалих циклів ненормованого навантаження.

Для досягнення поставленої мети визначено такі задачі:

1. Проаналізувати основні чинники та ознаки фізичного зносу акумуляторів та інверторів під впливом важких режимів експлуатації.

2. Сформулювати доступні критерії діагностики технічного стану обладнання, що можуть бути застосовані практикуючими товарознавцями.

3. Описати логіку формування ринкової ціни вживаних ПСЗЕ на основі порівняльного підходу та практичних коефіцієнтів зносу.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Встановлено, що домашня система збереження енергії втрачає свої корисні властивості (а отже, і вартість) через два абсолютно різні за своєю природою процеси: хімічну деградацію акумулятора та термоелектричне старіння інвертора.

Фактори зносу акумуляторів та інверторів

У сучасних ПСЗЕ найчастіше застосовують літій-залізо-фосфатні акумулятори (LiFePO4), які мають високий паспортний ресурс. Проте ненормовані навантаження (бажання власників зарядити систему за 2 години максимальним струмом або регулярний розряд до 0%) викликають внутрішні мікроруйнування. На аноді з'являється пасивуючий наліт, що блокує іони літію, а внутрішній опір клітин зростає. Як наслідок, батарея починає сильніше грітися, гірше тримає заряд і швидше втрачає ємність. Ключовим індикатором для товарознавця є показник СЗ (стан здоров'я), який відображає залишок реальної ємності від початкової.

Гібридний інвертор, як складна силова електроніка, найбільше страждає від перегріву та пилу. Постійна робота на межі потужності призводить до висушування внутрішніх конденсаторів та появи мікротріщин на платах керування [2].

Практична логіка оцінки вартості

Для розрахунку реальної вартості пропонується послідовний алгоритм без громіздких обчислень:

1. Базова ціна аналога. Експерт визначає середню ринкову вартість абсолютно нового інвертора та акумулятора аналогічної моделі на день оцінки.

2. Оцінка зносу батареї за показником СЗ. На вторинному ринку діє правило нелінійної втрати вартості. Наприклад, якщо акумулятор втратив лише 15% ємності (СЗ = 85%), його ціна падає значно сильніше — приблизно на 75%. Це пов’язано з тим, що після перетину позначки СЗ у 80% літієві елементи починають деградувати прискореними темпами, і їх використання в будинку стає ризикованим. Вони переходять у категорію вторинного використання.

3. Оцінка зносу інвертора за умовами експлуатації. Якщо інвертор працював у чистому, прохолодному приміщенні — його ціну знижують мінімально, відповідно до відпрацьованого часу. Якщо ж зафіксовано роботу в пилу, чи з постійними перевантаженнями — вартість електроніки зменшують щонайменше вдвічі через високий ризик раптової відмови компонентів.

4. Коригування на комплектацію та вигляд. Додатково знімається 5–10% вартості за подряпини корпусу, відсутність оригінальної упаковки, паспортів чи силових кабелів.

Відсотки зносу за різними факторами

Для того щоб експерт-товарознавець міг швидко й об’єктивно визначити, на скільки саме відсотків знецінився кожний компонент системи збереження енергії, необхідно чітко розділити вплив окремих факторів експлуатації. Оскільки реальний стан обладнання залежить від комплексу умов, під час експертизи кожен деструктивний фактор оцінюється у відсотках зносу, які потім сумуються або враховуються інтегрально.

1. Фактори та відсотки зносу акумуляторних батарей (АКБ)

Економічний знос літієвого акумулятора безпосередньо прив'язаний до втрати його ємності та порушення режимів роботи, що фіксуються платою керування (BMS). У нормі, за умови правильної експлуатації, акумулятор типу $LiFePO_4$ втрачає лише **3–5%** своєї вартості на рік через природне старіння. Проте негативні фактори значно збільшують цей показник:

1.1. Глибина та регулярність розряджання (фактор DoD):

- Щоденний розряд до рівня 10–20% залишкової ємності (нормальний режим): додає 0% до додаткового зносу (йде природне планове старіння).
- Регулярний глибокий розряд «в нуль» (0–5%): через високі механічні напруги всередині елементів додає 15–20% додаткового технічного зносу понад нормативний.

1.2. Швидкість (струм) заряджання:

- Заряджання у стандартному помірному режимі (4–5 годин): 0% додаткового зносу.
- Форсоване швидке заряджання (коли через часті вимкнення світла систему налаштовують на заряд за 1.5–2 години): викликає прискорений намір пасивуючої плівки на аноді та додає 20–25% до показника зносу.

1.3. Температурні порушення:

- Робота в межах нормальних +20°C…+25°C: 0% зносу.
- Експлуатація в палких, невентильованих приміщеннях (стабільна температура вище +35°C…+40°C): критично прискорює хімічне руйнування літію, додаючи 30% зносу.

1.4. Критичний поріг стану здоров'я (СЗ).

Якщо за апаратними даними акумулятор втратив понад 20% своєї ємності (показник стану здоров'я СЗ став нижче 80%), його товарний знос автоматично прирівнюється до 75–85%, оскільки пристрій втрачає цінність для забезпечення надійної домашньої автономії та переходить у категорію обмежено придатних. Максимальний сумарний додатковий знос через поєднання всіх жорстких режимів роботи може досягати +75%.

2. Фактори та відсотки зносу гібридних інверторів

Знос інвертора — це знос його електронних компонентів та системи охолодження через важкі умови праці. Природне планове старіння деталей якісного інвертора становить 5–7% на рік. Проте ненормовані навантаження можуть сумарно додати до +50% додаткового зносу:

2.1. Рівень робочого навантаження за потужністю:

- Експлуатація на рівні до 50–60% від номінальної потужності: 0% додаткового зносу.

- Постійна робота на межі можливостей або регулярні пікові навантаження (запуск від інвертора потужних насосів, пральних машин, кондиціонерів): викликає постійний перегрів силових транзисторів і додає 25–30% зносу електроніки.

2.2. Стан навколишнього середовища (запиленість та вологість):

- Робота в чистому житловому приміщенні чи серверній: 0% зносу.

- Робота в запилених коморах, гаражах чи майстернях без фільтрації повітря: вентилятори інвертора затягують пил всередину, утворюючи теплоізоляційний шар на радіаторах плат. Це призводить до висихання конденсаторів і додає 20% зносу.

2.3. Якість вхідної електричної мережі:

- Стабільна напруга в мережі: 0% зносу.

- Робота в мережах із постійними різкими стрибками напруги та високочастотними перешкодами: змушує вхідні захисні фільтри та варистори інвертора працювати на знос, що збільшує ризик раптової відмови та додає 15% до загального технічного зносу приладу.

2.4. Критичний маркер повного знецінення (знос понад 80%).

Для інвертора маркерами фактично стовідсоткового зносу є наявність явних ознак горіння головної плати, критичне висихання більшості конденсаторів, пошкодження внутрішнього трансформатора або вихід з ладу центрального процесора, коли ремонт є економічно недоцільним.

**Обговорення практичного застосування.** Аналіз зазначених факторів показує, що ненормоване навантаження діє синергетично. Наприклад, якщо інвертор працює у спекотному приміщенні (фактор температури) і одночасно навантажений на 100% (фактор потужності), швидкість висихання електролітичних конденсаторів зростає не лінійно, а в геометричній прогресії.

Для експерта-товарознавця наявність хоча б двох негативних факторів (наприклад, пил + постійна робота на максимальній потужності) є підставою для збільшення відсотка технічного зносу інвертора щонайменше на 40–50%, навіть якщо за календарем пристрій пропрацював лише кілька місяців. У випадку з акумуляторами, лог-файли BMS-контролера є незаперечним доказом: якщо зафіксовано понад 50 випадків перегріву батареї вище +40°C, ринкова вартість такого об'єкта знижується третиною, незалежно від запевнень продавця.

Приклад розрахунку

Розглянемо оцінку комплекту (інвертор 5 кВт та акумулятор), який 2 роки працював у жорстких умовах ненормованого навантаження.

- Ціна нового такого комплекту сьогодні: Інвертор — 45 000 грн, акумулятор — 68 000 грн (Разом — 113 000 грн).

- Оцінка інвертора: через роботу в спекотному й пильному приміщенні його ресурс вичерпано майже наполовину. Поточна вартість — 25 500 грн.

- Оцінка акумулятора: діагностика плати BMS показала СЗ = 84%. Оскільки батарея наблизилась до критичної межі експлуатації, її ринкова вартість падає до 13 600 грн.

- Фінальний результат: сума компонентів (39 100 грн) з урахуванням дрібних подряпин корпусу (знижка 5%) становить 37 200 грн.

Таким чином, за два роки агресивної експлуатації система втратила близько 67% своєї початкової економічної вартості, що доводить важливість урахування режимів роботи при товарознавчій експертизі.

**Висновки.** Доведено, що тривалі цикли ненормованого навантаження викликають прискорене приховане старіння елементів ПСЗЕ, яке неможливо виявити виключно візуальним оглядом. Оцінка за календарним віком пристрою є грубою помилкою товарознавця.

Запропоновано просту методику оцінки вартості, яка базується на поєднанні аналізу показника СЗ (для акумуляторів) та оцінки жорсткості умов роботи (для інверторів). Це дозволяє швидко й об'єктивно розрахувати ринкову ціну вживаної техніки.

Практичний приклад методики на прикладі реального кейсу показала, що жорстка експлуатація здатна знецінити систему енергозбереження на 67% всього за 2 роки, що є критично важливим для ринку вживаної техніки, страхування та судової експертизи.

## Список використаних джерел

1. Коваленко В. В., Попова М. О. Товарознавча експертиза акумуляторної батареї в межах судової експертизи. Судова експертиза та товарознавство: науковий журнал. 2026. Вип. 4 (12). С. 45–58. URL: researchgate.net. (дата звернення: 04.08.2026).
2. Зайцев А. М., Борисенко І. В. Огляд та аналіз ефективності сучасних систем накопичення енергії (СНЕ). Праці Інституту електродинаміки НАН України. 2025. Вип. 68. С. 89–101. URL: ied.org.ua. (дата звернення: 04.08.2026).

## Section: Management, Public Administration and Administration

**DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.008.141-143**

# ДОСЛІДНИЦЬКИЙ ЦЕНТР НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИМИРЕННЯ СЛОВЕНІЇ ЯК ІНСТИТУЦІЯ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОЛІТИКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПАМ'ЯТІ

**Карташов Артем**
аспірант
Кафедра публічної служби та права
Національний Університет «Одеська політехніка», Україна

Російсько-українська війна та інструменталізація росією історії та культури, як зброї в такій війні, вимагають від України побудови спроможної системи публічного управління у сфері реалізації політики національної пам'яті.

У цьому контексті вивчення досвіду країн Центральної та Східної Європи, які також перебували у совєтській окупації та засудили комуністичні режими, як такі, що були окупаційними чи репресивними, зокрема Республіки Словенія, набуває особливої актуальності.

У Словенії установа подібна до Українського інституту національної пам'яті, має назву Дослідницький центр національного примирення (Študijski center za narodno spravo), який засновано у травні 2008 року урядом Республіки Словенія з метою «створення підґрунтя для усунення наслідків несправедливості — шляхом вивчення порушень основоположних прав і свобод людини, вчинених трьома тоталітарними режимами (комунізмом, нацизмом і фашизмом) у Словенії протягом XX століття, — і тим самим створення можливостей для гармонійного цивілізаційного та культурного розвитку Словенії» [1].

Діяльність Центру координує Міністерство юстиції, яке також здійснює його фінансування разом із Словенським дослідницьким агентством.

Центр займається вивченням, збиранням, каталогізацією та документуванням різноманітних архівних та інших матеріалів, що стосуються новітньої історії Словенії, порушень основоположних прав і свобод людини, а також різних форм насильства, вчиненого трьома тоталітарними режимами, які діяли в Словенії у XX столітті (а саме: фашизмом, нацизмом і комунізмом).

Одним із найважливіших напрямів діяльності Центру є збирання, документування та публікація свідчень політичних в'язнів, вигнанців, дисидентів та інших жертв тоталітарних режимів. На основі зібраних матеріалів Центр започаткував серію видань під назвою «Документи та свідчення» (Dokumenti in pričevanja).

Специфічними напрямками діяльності Центру є:

- правова допомога, звіти та консультації Урядовій комісії з питань реалізації Закону про усунення наслідків (відшкодування шкоди) несправедливості щодо опрацювання та розгляду заяв;
- співпраця з Урядовою комісією з питань прихованих масових поховань

Водночас вплив Центру на освіту Словенії є символічним, оскільки освітня складова діяльності Центру регулюється внутрішнім регламентом (Pravilnik o izobraževanju) та передбачає виключно допоміжну діяльність у вигляді надання освітніх матеріалів, зокрема записів свідчень жертв тоталітарного режиму.

Сфера діяльності Центру охоплює словенців на батьківщині, етнічні меншини в межах Республіки Словенія, словенців, які проживають у сусідніх країнах, а також словенських емігрантів та представників словенської діаспори.

Діяльністю Інституту керує Рада Інституту (Svet zavoda), до складу якої входять сім членів:

- два представники засновника, призначені Урядом;
- три особи, які мають підтверджений перелік публікацій у сфері національного примирення, або три представники об'єднань чи установ, що у своїй діяльності займаються питаннями національного примирення та дослідженням тоталітарних режимів;
- два представники трудового колективу.

Строк повноважень членів Ради Інституту становить п'ять років із можливістю повторного призначення. На першому засіданні Ради Інституту, яке скликає директор Інституту, члени Ради обирають зі свого складу голову Ради Інституту та його заступника більшістю голосів від загального складу Ради.

Рада вносить пропозиції Уряду щодо призначення Директора, якого призначають за результатами конкурсу строком на п'ять років з можливістю повторного призначення. Директор у свою чергу подає раді пропозиції про призначення керівників організаційних підрозділів – дослідження і розробок, консультаційного та служби підтримки, які призначаються також на п'ять років з можливістю повторного призначення.

Таким чином Словенський SCNR має більш автономну та «зацикльовану» систему призначення керівних та наглядових органів – від складу Ради (Svet zavoda) до Керівника Центру. Свого часу щодо цієї моделі виникали зауваження і Центр називали «ідеологічно та герметично ізольованою публічною установою» [2].

Наразі Центр має 14 співробітників, а штаб-квартира Центру розташована в столиці – Любляні, символічно, що у приміщенні, де раніше діяла таємна поліція (Udba) і він не має регіональних підрозділів [1]. Водночас Центр також управляє пам'яткою культури національного значення «Тюремні камери» (Zaporniške celice) [3], де після реконструкції розміщена постійна експозиція [4], що свідчить про те, що дана пам'ятка виконує також роль музейної установи.

Водночас вбачається, що інституційно Центр є дуже залежною від Уряду установою і не є захищеним законом, з огляду на що може бути ліквідований чи реорганізований урядовою постановою, зокрема політичні розбіжності щодо ролі

та керівництва SCNR стали підставою для обговорення процесу ліквідації установи та приєднання її до Інституту новітньої історії (Inštitutu za novejšo zgodovino) [2].

З огляду на викладене можна прийти до висновку про те, що Дослідницький центр національного примирення (Študijski center za narodno spravo) Республіки Словенія є урядовою науково-дослідною публічною установою, яка була заснована рішенням уряду і координується Міністерством юстиції. Науково-дослідна спрямованість діяльності Центру обмежує його вплив на інші важливі для реалізації політики національної пам'яті сфери, такі як освіта чи культура, а відсутність спеціального закону та статусу органу влади, робить таку установу повністю залежною від уряду та політичної ситуації.

Центр зосереджений на вивченні, окрім комуністичного та нацистського тоталітарних режимів також фашистській, що вирізняє цю установу з-поміж інших аналогів у країнах Центральної та Східної Європи.

Водночас досвід Словенії у даному випадку не є релевантним тим загрозам для України, які пов'язані з умовами російсько-української війни.

**Список використаних джерел**

1. Poslanstvo in cilji. Študijski center za narodno spravo. URL: https://www.scnr.si/o-centru.html (дата звернення: 21.08.2026).
2. Petrovčič P. Konec »sprave«. Mladina. № 43. 25.10.2019. URL: https://www.mladina.si/193765/konec-sprave/ (дата звернення: 21.08.2026).
3. O celicah. Zaporniške celice. URL: https://zapori.si/o-celicah/ (дата звернення: 22.08.2026).
4. A.S. Ljubljana dobiva stalno razstavo zaporniških celic iz komunističnega obdobja. URL: https://nova24tv.si/ljubljana-dobiva-stalno-razstavo-zaporniskih-celic-iz-komunisticnega-obdobja/ (дата звернення: 22.08.2026).

# ОСОБЛИВОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ У ФЕРМЕРСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ

**Цебро Яна**
к.е.н., доцент
**Чертодуб Володимир**
магістр
Кафедра менеджменту імені професора Л.І. Михайлової
Сумський національний аграрний університет, Україна

У сучасних умовах економічної нестабільності, демографічних змін, трудової міграції та загострення глобальної конкуренції ефективне управління персоналом стає критичним чинником забезпечення конкурентоспроможності аграрних підприємств . Людський капітал трансформувався з операційного

ресурсу у фундаментальний елемент стратегічного виживання національної економіки . Особливої актуальності ці питання набувають для фермерських господарств, де специфіка аграрного виробництва суттєво ускладнює процеси прийняття управлінських рішень [2].

Аграрний сектор України стикається з критичним дефіцитом кадрів. Якщо у 2021 році на одного спеціаліста припадало 14-16 вакансій, то сьогодні цей показник зріс до 52-70 . Найбільша нестача спостерігається серед трактористів, комбайнерів, агрономів та інженерів . Загалом станом на кінець 2025 року кадровий голод охопив понад 70% суб'єктів аграрного бізнесу [5].

Значним викликом є щорічне погіршення демографічної ситуації в сільських регіонах, що супроводжується зникненням населених пунктів, занепадом виробничої та соціальної сфери . До цього додаються наслідки воєнного стану: великомасштабні втрати робочої сили, мобілізація, внутрішня та зовнішня міграція, руйнування інфраструктури [4].

Поруч з цим, сільськогосподарське виробництво характеризується нерівномірним розподілом трудових ресурсів протягом року. У періоди посівної та збиральної кампаній виникає потреба в додатковій робочій силі, тоді як у міжсезоння завантаження персоналу суттєво знижується . Це створює додаткові складнощі, зокрема у процедурі бронювання працівників, яка не враховує сезонну специфіку: у весняно-польовий період заробітні плати можуть перевищувати встановлені критерії, проте взимку рівень оплати суттєво знижується [2].

Аналіз діяльності європейських аграрних підприємств демонструє ефективність стратегічного управління персоналом у забезпеченні стійкості до зовнішніх викликів і представлений у табл.1.

Успішне подолання кадрових викликів вимагає трансформації системи мотивації, зокрема переходу до змішаної окладно-преміальної системи оплати праці, систематизації навчання через створення спеціалізованих підрозділів та модернізації оцінювання на основі компетентнісної моделі [6].

Таблиця 1 - Результати впровадження HR-інструментів у європейських агропідприємствах

| Підприємство | Інструмент | Результат |
|---|---|---|
| BioHof | Щомісячні бонуси €50 | Мотивація з 50% до 75%; плинність з 25% до 12,5% |
| AgroNova | Перенавчання 10 працівників для роботи з дронами | Продуктивність з 4,8 до 5,2 т/га |
| AgroNova | Гнучкі графіки роботи | Скорочення кадрових витрат на 8% |
| DLG Group | Інвестиції 2 млн крон у навчання 300 працівників | Продуктивність з 6 до 6,5 т/га; скорочення логістичних простоїв на 15% |

*сформовано автором на основі [1,3,6]

Дослідження підтверджують необхідність застосування проактивних стратегій, що ґрунтуються на технологічній компенсації кадрового дефіциту

(точне землеробство, безпілотні рішення) та розвитку внутрішніх кар'єрних сходів . Важливим є також розвиток репутаційних навичок, сприяння адаптації та довгостроковій зайнятості, що дозволяє знизити плинність кадрів [3].

На основі системного підходу пропонується модель взаємозв'язку «стратегія – інструменти – показники – результат», що уможливлює логічний перехід від стратегічних завдань до конкретних економічних і соціальних результатів.

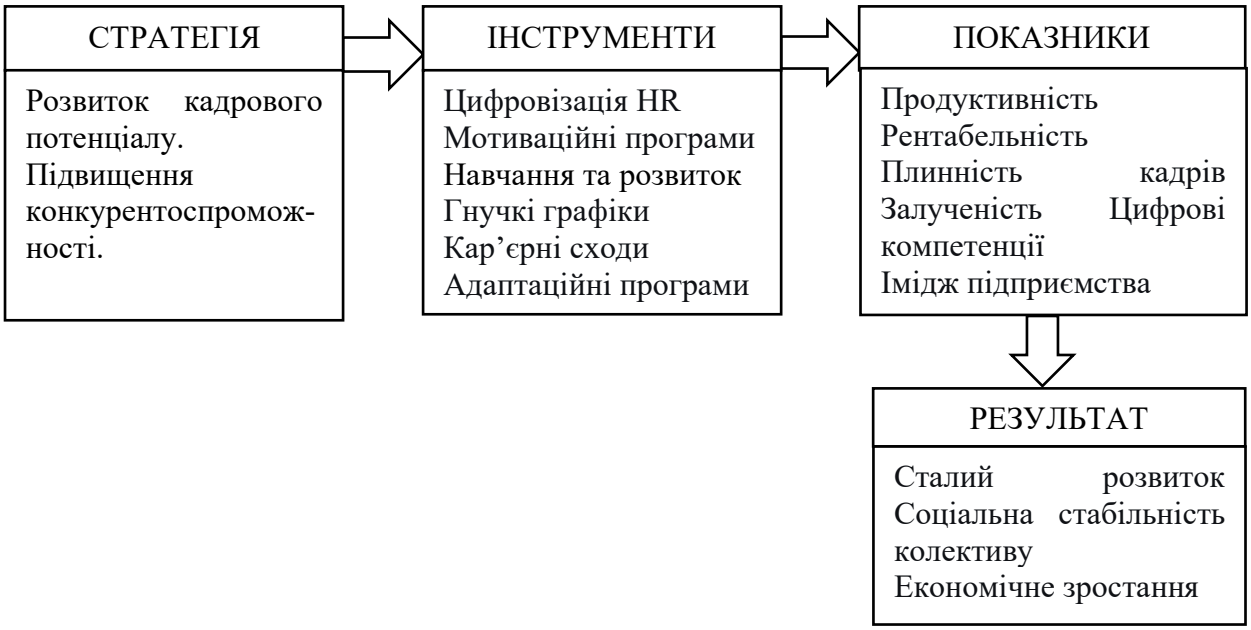



Схема 1 - Модель системи управління персоналом фермерського господарства
* розроблено автором на основі [2,4,5]

Отже, система управління персоналом фермерського господарства має бути гнучкою та готовою до постійної реорганізації, оскільки традиційні підходи поступово втрачають ефективність. Ключовими напрямами вдосконалення є впровадження цифрових HR-технологій, створення ефективних систем мотивації та навчання персоналу, а також розробка адаптивних організаційних моделей, здатних забезпечити сталий розвиток господарства в умовах сучасних викликів. В свою чергу, синергія державних механізмів підтримки та інвестицій бізнесу в цифровізацію є єдиною передумовою збереження кадрового потенціалу аграрного сектору, що виступає гарантом глобальної продовольчої безпеки.

## Список використаних джерел

1. Васюткіна Н., Андрієнко М., Самітов Р. (2024). Стратегічне управління людськими ресурсами підприємства на основі інноваційно-креативних компетенцій. Сталий розвиток економіки, № 2 (49), С. 15-22.
2. Гурська І. С., Герчанівська С. (2023). Система управління персоналом як основа забезпечення конкурентоспроможності аграрного підприємства. Збірник наукових праць ТДАТУ імені Дмитра Моторного (економічні науки), №1(47), С.69-77.

3. Линдюк А. (2026). Управління персоналом у системі підвищення ефективності використання економічного потенціалу сільськогосподарських підприємств. Міжнародний науковий журнал «Інтернаука».Серія: «Економічні науки», № 2 (106), С.174-180.
4. Міненко С. І., Зражевець Є. Є. (2025). Моделі управління людським капіталом в аграрному секторі. Актуальні проблеми інноваційної економіки та права, №6, С. 61-63. URL: https://doi.org/10.36887/2524-0455-2025-6-14 (дата звернення: 12.06.2026р.).
5. Підвальна О. Г., Антипенко Я. Д. (2024). Сучасні технологічні підходи у сфері управління персоналом. АГРОСВІТ,№ 20, 2024. С. 102-108.
6. Хромушина, Л. (2023). Виклики і перспективи управління персоналом у контексті теорії поколінь та в умовах невизначеності. Економіка та суспільство, (51). URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-51-40 (дата звернення: 07.05.2026р.)

# ГЕНЕРАТИВНИЙ ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК КАТАЛІЗАТОР ДИНАМІЧНИХ ЗДІБНОСТЕЙ У СТРАТЕГІЧНОМУ УХВАЛЕННІ РІШЕНЬ УКРАЇНСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ

**Тесля Андрій Миколайович**
аспірант
**Мосій Ольга Бориславівна**
канд. екон. наук, доцент
Кафедра менеджменту та адміністрування
Тернопільський національний технічний університет
ім. Івана Пулюя, Україна

Повномасштабна війна суттєво трансформувала середовище функціонування українських підприємств. За цих умов стратегічне управління дедалі більше залежить від здатності організації швидко інтерпретувати зміни, адаптувати бізнес-процеси та ухвалювати обґрунтовані рішення в умовах дефіциту часу, ресурсів і інформації. Якщо раніше цифровізація, хмарні ERP-системи, RPA та аналітичні платформи розглядалися переважно як інструменти підвищення операційної ефективності, то поширення генеративного штучного інтелекту у 2024–2026 роках актуалізувало питання його ролі у формуванні динамічних здібностей підприємства. Метою дослідження є обґрунтування концептуальної моделі, відповідно до якої генеративний штучний інтелект посилює динамічні здібності організації та змінює механізм стратегічного ухвалення рішень в умовах війни й післявоєнного відновлення.

Згідно з теорією динамічних здібностей Д. Тіса, довгострокова конкурентна перевага забезпечується трьома взаємопов'язаними мікрозасадами: sensing (виявлення можливостей і загроз), seizing (мобілізація ресурсів для реалізації можливостей) та transforming (реконфігурація організаційних ресурсів) [1]. У класичній моделі саме менеджмент координує ці процеси, спираючись на накопичені знання, інформацію та унікальні ресурси підприємства.

Генеративний штучний інтелект руйнує базову логіку раціонального контролю. Т. Лу 2026 року показує як емерджентність і непрозорість великих моделей породжують стан фундаментальної невизначеності, де менеджмент уже не може повністю передбачити ані поведінку технології ані наслідки її впровадження. Замість звичної схеми автор пропонує динамічно-адаптивну модель цифрової трансформації. На рівні технології акцент переходить від простого забезпечення до постійного циклу експериментів і переосмислення, де кожне нове спостереження змінює уявлення про можливе. На рівні підприємства планова трансформація поступається місцем еволюційному процесу, який рухається разом із технологічним навчанням. Між цими площинами виникає напруга змагання та адаптації, продуктивна суперечність між контролем того що вже є та дослідженням того що з’являється. Джерелом переваги в цій моделі є вже не статичні VRIN-ресурси, а динамічна адаптивна здібність (DAC) - мета-здібність до реконфігурації самих процесів організаційного навчання в умовах принципової непізнаваності середовища [2].

Таке зміщення прямо впливає на те як ухвалюються стратегічні рішення. У суміжних роботах процес ухвалення рішень в організаціях що спираються на штучний інтелект розглядається теж як динамічна здібність: сенсинг відбувається через AI-аналіз слабких сигналів і відхилень, сейзинг через алгоритмічне моделювання сценаріїв, а трансформація через постійну зміну управлінських рутин замість одноразової перебудови структури [3]. Конкурентна перевага не в самому факті наявності інструменту, а в тому наскільки швидко організація здатна вбудовувати сигнали штучного інтелекту в контур стратегічного управління.

В. Д. Корейба на матеріалі промислових компаній фіксує рівень цифровізації близько тридцяти-сорока балів зі ста, помітно нижчий ніж у послугах. Головним поштовхом до автоматизації виступає не оптимізація витрат за західними зразками а брак людей через мобілізацію і обмеження воєнного часу [4]. Авторка описує це як перехід від Industry 4.0 заради ефективності до Industry 4.0 заради керованості в хаосі. У термінах динамічної адаптивної здібності цикл змагання-адаптації відбувається під потрійним тиском: дефіцит кадрів і компетенцій, ресурсні та безпекові обмеження, брак часу на класичне раціональне планування. Узагальнення класичної та AI-доповненої моделей із проєкцією на воєнний і післявоєнний контекст подано в таблиці 1.

Таблиця 1. Зіставлення класичної та AI-доповненої моделі динамічних здібностей

| Компонента моделі | Класична модель (Teece) | AI-доповнена модель воєнного/поствоєнного контексту |
|---|---|---|
| Sensing | Менеджерське сканування ринку й технологій | AI-аналітика воєнних ризиків і логістичних шоків у реальному часі; адаптивний сенсмейкінг замість прогнозування |
| Seizing | Раціональний вибір і планування інвестицій | Алгоритмічне сценарне моделювання варіантів рішень в умовах дефіциту часу й ресурсів |
| Transforming | Планова реконфігурація ресурсів (VRIN) | Еволюційний, безперервний процес; цикл «змагання-адаптація» між управлінським контролем і навчанням від AI |
| Джерело переваги | Статичні унікальні ресурси підприємства | Динамічна адаптивна здібність (DAC) як мета-здібність до реконфігурації в умовах невизначеності й мобілізаційного дефіциту кадрів |

Отже, стратегічним пріоритетом українських підприємств у період війни та відновлення має бути не стільки впровадження окремих AI-рішень, скільки розвиток організаційної здатності інтегрувати їх у систему стратегічного управління. Саме динамічна адаптивна здібність забезпечує підвищення стійкості підприємства, швидкість реагування на зміни та формує передумови довгострокової конкурентоспроможності. Запропонована концептуальна модель може бути використана як теоретична основа для подальших емпіричних досліджень механізмів застосування генеративного AI в управлінні українськими підприємствами.

## Список використаних джерел

1. Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. Strategic Management Journal, 28(13), 1319-1350. https://doi.org/10.1002/smj.640
2. Lu, T. (2026). Navigating foundational uncertainty: a dynamic-adaptive model of enterprise digital transformation in the age of generative AI. Humanities and Social Sciences Communications, 13(1), 451. https://doi.org/10.1057/s41599-026-06689-z
3. AI-augmented knowledge management in Fintech: dynamic capabilities for strategic decision-making in complex and uncertain environments. (2026). Journal of Modelling in Management. https://doi.org/10.1108/JM2-09-2025-0483
4. Корейба, В. Д. (2025). Еволюція стратегічного управління промисловим підприємством в умовах цифрової трансформації з урахуванням українських реалій. Бізнес, інновації, менеджмент: проблеми та перспективи. URL: https://confmanagement-proc.kpi.ua/article/view/360979

## Section: Mechanics and Electrical Engineering

# RESEARCH OF ANALYTICAL MODELS IN DEVELOPING THE STABILITY OF TOWER CRANES WITH ELECTROMECHANICAL DRIVES

**Gorbatyuk Ievgenii**
PhD, Associate Professor
Department of Construction Machinery
Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine
**Makarchuk Olexander**
PhD, Associate Professor
Department of Humanities and General Technical Disciplines
Nadsluchansky institute NUWEE, Ukraine
**Horbatyuk Mykhailo**
PhD degree
Department of Construction Machinery
Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine

Tower cranes belong to the category of objects of increased danger in modern construction. When developing and operating them, ensuring resistance to external factors, in particular to wind loads, is of priority. At the same time, during periods of military operations or during work on critical infrastructure facilities, the probability of occurrence of extreme squall wind gusts increases significantly, the specifics of the action of which on metal structures are radically different from standard natural factors. The nature of the interaction of such an extreme gust with metal structures of tower cranes is significantly different from the action of ordinary natural wind [1, 2].

Modern approaches to calculating the stability of lifting cranes are mostly focused on wind loads of a natural nature and do not take into account the peculiarities of the influence of non-stationary aerodynamic forces to a sufficient extent. These features are manifested in a sharp (sudden) increase in pressure, short duration of action and extremely high indicators of speed head. The squall front creates a powerful dynamic shock, accompanied by a change in the aerodynamic flow around lattice structures and the occurrence of pendulum oscillations of the load.

According to international monitoring organizations, more than 30% of fatal accidents involving tower cranes are caused by a sharp loss of overall stability due to extreme wind gusts or impulse loads. Current design standards provide for the use of simplified quasi-static coefficients that take into account wind gusts. However, these standards do not offer tools for assessing the instantaneous synergistic effect when the peak of aerodynamic pressure coincides with the antiphase oscillation of the suspended load [3-5].

The relevance of the study is due to the lack of adapted analytical tools for assessing the dynamic impact of extreme wind flows. The absence of such methods significantly increases the risk of destabilization and overturning of crane equipment during emergency weather events. The consequences of such incidents are not only the destruction of high-cost technical equipment, but also a direct threat to the lives of personnel, as well as a destructive impact on the surrounding infrastructure.

Analysis of available sources has shown the presence of a key unsolved problem: existing methods are mostly focused on the influence of natural wind gusts with quasi-static flow, or they study the general anti-accident behavior of frame buildings. At the same time, the issue of ensuring the global stability of flexible lattice structures of the crane type during sudden extreme gusts with a high speed gradient remains unexplored. The main reason for this is the impossibility of using standard established coefficients to describe the synergistic effect that arises from the interaction of intense high-speed pressure and the kinetic energy of pendulum oscillations of the load. Solving this problem requires the creation of a special analytical model.

It is this approach, which consists in developing an analytical model of the velocity head taking into account the adjusted aerodynamic coefficients and pendulum dynamics of the load, that is most acceptable for solving the outlined problem.

The direction of further research is aimed at creating an analytical mathematical apparatus for describing the velocity head of extreme wind flows in order to calculate dynamic loads on tower crane elements. The implementation of this goal will minimize the accident rate during the operation of the equipment and will ensure accurate prediction of the risks of destabilization of structures under critical weather conditions.

To implement the intended goal, the following scientific tasks are envisaged:

— to form a mathematical dependence for calculating the overturning moment taking into account the gradient of the relative velocity of air masses and the amplitude of pendulum oscillations of the suspended load;

— to test the created model by testing its own and load stability of the basic model of the tower crane.

The object of the study was chosen to be the processes of dynamic loading of metal structures of tower cranes under the action of intense high-speed pressure of atypical wind flows.

To solve the set goal, the following assumptions must be made:

1) the extreme gust front at the calculated distance from the epicenter must be considered as flat;

2) the crane metal structure must be modeled as a system of rigid and flexible bodies;

3) the interaction of the flow with the load must be considered under the condition of its maximum windward area.

The implementation of the set goal involves the introduction of the following basic assumptions and simplifications:

1) at the calculated distance from the epicenter, the extreme gust front is assumed to be flat;

2) the supporting metal structures of the crane are interpreted as a combined system consisting of rigid and deformed (flexible) elements;

3) the aerodynamic interaction of the air flow with the suspended load is calculated for the conditions of its maximum windward surface (projection).

To solve the set goal, the following assumptions must be made:

1) the extreme gust front at the calculated distance from the epicenter must be considered as flat;

2) the crane metal structure must be modeled as a system of rigid and flexible bodies;

3) the interaction of the flow with the load must be considered under the condition of its maximum windward area.

The implementation of the set goal involves the introduction of the following basic assumptions and simplifications:

1) at the calculated distance from the epicenter, the extreme gust front is assumed to be flat;

2) the supporting metal structures of the crane are interpreted as a combined system consisting of rigid and deformed (flexible) elements;

3) the aerodynamic interaction of the air flow with the suspended load is calculated for the conditions of its maximum windward surface (projection).

To achieve the goal, the following simplifications must be adopted:

1) in the calculation model, do not take into account the thermodynamic (temperature) effects of the flow on the properties of the metal;

2) consider only the horizontal vector of flow propagation without taking into account the effects of reflection from urban development or terrain.

The study must be carried out using analytical mathematical modeling methods. For an adequate description of the loads, it is necessary to use the apparatus of theoretical mechanics (solid body dynamics to determine vibrations on a flexible suspension), gas dynamics and aerodynamics of lattice structures.

To calculate the total overturning moment, it is necessary to apply the principle of superposition of loads acting on the boom, tower and crane load in dynamics.

## References

1. Ke C., Long H., Jiang J. (2024). Study on the Anti-Progressive Collapse Behavior of Steel Frame Structures under Close-Range Blast Loading. Buildings, 14 (5), 1387. https://doi.org/10.3390/buildings14051387.
2. Gorbatyuk Yevgenii, Bulavka Oleg. (2023). Review and analysis of damage and existing systems of protecting tower cranes under the influence of a blast wave. Road transport. 2023. №53. 13–22. https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2023.53.0.02.
3. Liu Q., Zhang R., Sun S., Zhang J. (2024). Aerodynamic Load Variation and Wind-Induced Vibration Analysis of Tower Cranes Under Full Wind Angles. The International Journal of Acoustics and Vibration, 29 (2), 101–115. https://doi.org/10.20855/ijav.2024.29.22016.

4. Gorbatyuk Ie., Mishchuk D., Bulavka O., Komotska S. (2025). Estimation of simulation of high-speed pressure of blast wave of tower crane. Girnychi, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny, (105), 12–19. https://doi.org/10.32347/gbdmm.2025.105.0201.
5. Gorbatyuk I., Bulavka O., Terentiev O., Borodynia V., Sliusar V. (2026). Development of an analytical model of transient aerodynamic loading for assessing the stability of tower crane metal structures. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(7 (140), 6–13. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2026.356924.

## Section: Medicine

# ASSOCIATION OF THE SIRI WITH HEMOSTATIC PARAMETERS AFTER RADIOFREQUENCY ABLATION OF COLORECTAL CANCER LIVER METASTASES

**Ivanenko Maryna**
PhD in Biology, Senior Researcher
**Sorochan Pavlo**
PhD in Medicine, Senior Researcher
**Kuzmenko Olena**
PhD in Biology, Senior Researcher
**Ivanenko Iryna**
technician
SI "Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kharkiv, Ukraine

**Abstract.** The aim of this pilot study was to assess the association between the Systemic Inflammation Response Index (SIRI) and changes in selected hemostatic parameters in patients with colorectal cancer and liver metastases after radiofrequency ablation (RFA), as well as to evaluate these parameters during perioperative administration of metformin and propranolol. Twenty patients were divided into a control group (n=10) and an intervention group receiving the study medication (n=10). SIRI was calculated as neutrophils × monocytes / lymphocytes. Patients were additionally stratified according to the median baseline SIRI of 1.4. Hemostatic parameters were assessed before RFA and on days 3 and 30 after the procedure. Patients with higher baseline SIRI in the control group demonstrated more pronounced postprocedural changes in fibrinogen and D-dimer levels. In the intervention group, changes in selected hemostatic parameters were less pronounced. These preliminary findings suggest a possible association between systemic inflammatory status and postprocedural hemostatic response and support further investigation of metformin and β-adrenergic blockade as potential perioperative strategies. Given the small sample size, the findings require confirmation in larger prospective studies.

**Keywords:** colorectal cancer, liver metastases, radiofrequency ablation, hemostasis, SIRI, metformin, propranolol.

**Introduction**

Colorectal cancer is characterized by interactions between tumor-associated inflammation, immune responses, and the hemostatic system. Systemic inflammation may contribute to platelet and coagulation activation, potentially affecting tumor progression. The SIRI, calculated as neutrophils × monocytes / lymphocytes, has been investigated as a prognostic marker in colorectal cancer, although reported cut-off values vary across studies [3,4].

Perioperative β-adrenergic blockade has also attracted interest in oncology. Clinical studies have reported favorable changes in biomarkers associated with metastasis, inflammation, and immune response following perioperative propranolol administration [1,2]. Experimental studies suggest that metformin may inhibit platelet activation and affect tumor-associated macrophage polarization and platelet-mediated tumor progression [5–7]. However, these findings do not establish metformin or propranolol as treatments for postprocedural hypercoagulation.

RFA induces localized thermal injury and coagulative necrosis of liver tumor tissue [8]. Therefore, assessment of hemostatic changes after RFA may provide insight into the systemic response to local thermal intervention.

**Aim**

To evaluate the association between baseline SIRI and changes in selected hemostatic parameters after RFA in patients with colorectal cancer liver metastases and to assess these changes during perioperative administration of metformin and propranolol.

**Materials and Methods**

Twenty patients with stage IV colorectal cancer and liver metastases who underwent RFA were included. All tumors were histologically diagnosed as grade 2 adenocarcinoma. Patients were divided into a control group without the study medication (n=10) and an intervention group receiving perioperative metformin and propranolol (n=10).

Propranolol was administered according to the study protocol from 5 days before RFA through day 21, while metformin was administered from 5 days before RFA through day 28, with temporary discontinuation on the day of the procedure. This regimen was considered an investigational perioperative protocol rather than standard therapy.

SIRI was calculated as:

$$SIRI = (neutrophils \times monocytes) / lymphocytes.$$

Patients were stratified according to the baseline median SIRI of 1.4: ≤1.4 indicated a lower and >1.4 a higher inflammatory response. This threshold was used only for within-cohort analysis and was not considered a validated clinical cut-off.

Prothrombin time, activated partial thromboplastin time, international normalized ratio, fibrinogen, soluble fibrin monomer complexes (SFMC), and D-dimer were assessed before RFA and on days 3 and 30 after the procedure. Statistical analysis was performed using STATISTICA 12. The Wilcoxon and Mann–Whitney U tests were used, with $p<0.05$ considered statistically significant.

**Results and Discussion**

In control patients with lower baseline SIRI, RFA was followed by a moderate transient change in hemostatic parameters. On day 3, fibrinogen was 3.4 g/L, SFMC 4.5 mg/dL, and D-dimer 2.5 μg/mL, with subsequent values approaching baseline by day 30. No pronounced changes were observed in the intervention group with lower SIRI.

Among control patients with higher baseline SIRI, baseline fibrinogen reached 4.0 g/L. On day 3 after RFA, fibrinogen increased to 5.5 g/L, SFMC to 5.0 mg/dL, and D-dimer to 4.0 μg/mL. This pattern may indicate a more pronounced systemic hemostatic response to local thermal injury in patients with higher baseline inflammatory activity.

In patients with higher SIRI receiving perioperative metformin and propranolol, fibrinogen was 3.0 g/L on day 3 and 2.4 g/L on day 30, while D-dimer was 0.7 μg/mL on day 30. The observed changes were less pronounced than those in the corresponding control subgroup.

These findings are consistent with experimental evidence suggesting that metformin may affect platelet activation and mitochondrial DNA release [5], tumor-associated macrophage polarization [6], and platelet-mediated tumor progression [7]. Clinical studies have also reported potential perioperative effects of propranolol on biomarkers related to metastasis, inflammation, and immune response [1,2]. However, these studies did not investigate the combination of metformin and propranolol in patients undergoing RFA for colorectal cancer liver metastases. Therefore, the present findings should be regarded as hypothesis-generating rather than evidence of clinical efficacy.

**Conclusions**

1. Higher baseline SIRI was associated with more pronounced postprocedural changes in selected hemostatic parameters after RFA in this pilot cohort.

2. Patients with higher baseline SIRI demonstrated greater increases in fibrinogen, SFMC, and D-dimer after RFA, particularly in the control group.

3. Perioperative administration of metformin and propranolol was associated with less pronounced changes in selected hemostatic parameters; however, the small sample size prevents conclusions regarding treatment efficacy.

4. The potential role of metformin and β-adrenergic blockade in the perioperative management of patients undergoing RFA for colorectal cancer liver metastases warrants further investigation in larger prospective studies.

## References

1. Haldar, R., Ricon-Becker, I., Radin, A., Gutman, M., Cole, S. W., Zmora, O., & Ben-Eliyahu, S. (2020). Perioperative COX2 and β-adrenergic blockade improves biomarkers of tumor metastasis, immunity, and inflammation in colorectal cancer: A randomized controlled trial. Cancer, 126(17), 3991–4001. https://doi.org/10.1002/cncr.32950

2. Hiller, J. G., Cole, S. W., Crone, E. M., Byrne, D. J., Shackleford, D. M., Pang, J.-M. B., Henderson, M. A., Nightingale, S. S., Ho, K. M., Myles, P. S., Fox, S., Riedel, B., & Sloan, E. K. (2020). Preoperative β-blockade with propranolol reduces biomarkers of metastasis in breast cancer: A phase II randomized trial. Clinical Cancer Research, 26(8), 1803–1811. https://doi.org/10.1158/1078-0432.CCR-19-2641

3. Batra, P., et al. (2024). Inflammation and colorectal cancer: A meta-analysis of the prognostic significance of the systemic immune–inflammation index (SII) and the

systemic inflammation response index (SIRI). International Journal of Molecular Sciences, 25(15), 8441. https://doi.org/10.3390/ijms25158441
4. Zhong, J., et al. (2021). Systemic inflammation response index as a prognostic marker in cancer patients: A systematic review and meta-analysis of 38 cohorts. Medicine, 100(47), e28232. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000028232
5. Xin, G., et al. (2016). Metformin uniquely prevents thrombosis by inhibiting platelet activation and mtDNA release. Scientific Reports, 6, 36222. https://doi.org/10.1038/srep36222
6. Ding, L., et al. (2015). Metformin prevents cancer metastasis by inhibiting M2-like polarization of tumor-associated macrophages. Oncotarget, 6(34), 36441–36455. https://doi.org/10.18632/oncotarget.5541
7. Erices, R., et al. (2017). Diabetic concentrations of metformin inhibit platelet-mediated ovarian cancer cell progression. Oncotarget, 8, 20865–20880. https://doi.org/10.18632/oncotarget.15348
8. Choi, H., Loyer, E. M., DuBrow, R. A., Kaur, H., David, C. L., Huang, S., Curley, S., & Charnsangavej, C. (2001). Radio-frequency ablation of liver tumors: Assessment of therapeutic response and complications. RadioGraphics, 21(Suppl. 1), S41–S54. https://doi.org/10.1148/radiographics.21.suppl_1.g01oc08s41

# USE OF NEUROHEADSETS IN THE DIAGNOSTICS OF CARDIOVASCULAR DISEASES

**Romanyuk O.N.**
Doctor of Technical Sciences, Professor
Vinnytsia National Technical University, Ukraine
**Solomonchuk A.V.**
PhD (Doctor of Philosophy)
Vinnytsia Regional Clinical
cardiovascular pathology treatment and diagnostic center

**Abstract.** The article considers the possibilities of using neuroheadsets in the diagnosis and monitoring of cardiovascular diseases. It is shown that the neuroheadset is not a means of direct registration of the electrical activity of the heart and therefore cannot replace electrocardiography, echocardiography, daily ECG monitoring or other standard cardiological methods. Its prospects in cardiology are associated with the registration of electroencephalographic signals and the assessment of central and autonomic mechanisms of regulation of the cardiovascular system. Of particular importance is the synchronous use of the neuroheadset and cardiological sensors, which allows for simultaneous analysis of EEG, ECG, heart rate, heart rate variability, blood pressure and other physiological parameters. The possibilities of using neuroheadsets in arrhythmias, heart failure, arterial hypertension, ischemic heart disease, stress-induced conditions and remote monitoring are considered. Methods of

digital signal processing are specified, in particular spectral and correlation analysis, analysis of heart rate variability, coherence, phase synchronization and information interaction. The prospects of combining neuro-headsets with machine learning methods for automatic detection of complex changes in the patient's functional state are substantiated.

**Keywords:** neuroheadset, electroencephalography, EEG, electrocardiography, ECG, cardiovascular diseases, brain-heart interaction, heart rate variability, autonomic nervous system, artificial intelligence, wearable devices.

**Introduction** Cardiovascular diseases remain one of the most important problems of modern medicine. Their timely detection requires the use of a complex of methods, among which electrocardiography, echocardiography, 24-hour ECG monitoring, blood pressure measurement, laboratory tests and medical imaging methods occupy a leading place. At the same time, most traditional methods are used for a limited period of time and mainly in the conditions of a medical institution. This creates a problem in diseases and functional disorders that are episodic in nature or significantly depend on the psycho-emotional state, physical activity, sleep and activity of the autonomic nervous system.

The development of digital medicine and wearable biosensor technologies creates an opportunity to supplement traditional methods with long-term monitoring of physiological parameters in everyday conditions. One such device is the neuroheadset (Fig. 1) - a portable system for recording electrical activity of the brain.

Figure 1 – Appearance of the neuroheadset

The main signal obtained using a neuroheadset is an electroencephalogram. Unlike standard clinical EEG systems, a portable neuroheadset usually has a smaller number of electrodes, a simplified design, and can be used outside a specialized laboratory. It is this mobility that creates prospects for its use for long-term monitoring of a person's functional state.

It is impossible to establish most cardiological diagnoses directly from EEG, since the electroencephalogram characterizes the electrical activity of the brain, not the myocardium. Therefore, the neuroheadset should not be considered an analogue of the electrocardiograph. Its potential diagnostic value lies in the ability to study the central

and autonomic nervous regulation of the heart, as well as to detect changes in brain activity that accompany disorders of the cardiovascular system. The most promising is the combination of the neuroheadset with ECG and other wearable sensors in one multimodal system. It is the simultaneous analysis of EEG and ECG that allows us to quantitatively assess the interaction of the brain and heart.

The physiological basis of this approach is the concept of the “brain-heart” axis. The central nervous system regulates cardiac activity through the sympathetic and parasympathetic divisions of the autonomic nervous system. Changes in the activity of the corresponding nerve centers can affect heart rate, myocardial contractility, vascular tone, and blood pressure. At the same time, signals from the heart and blood vessels through afferent nerve pathways reach the central nervous system and modify its activity. Thus, the connection between the brain and the heart is two-way, and its disruption can accompany various cardiovascular pathological conditions.

The purpose of the work is to determine the possibilities and specific methods of using neuro-headsets in the diagnosis and monitoring of cardiovascular diseases based on the synchronous registration of EEG, ECG and other physiological signals, as well as to analyze the prospects for the application of digital data processing methods and artificial intelligence for assessing brain-heart interaction.

**Literature analysis** The problem of using neuroheadsets in medical diagnostics was considered by Romanyuk O. N., Pavlov V. S., Titova N. V., Romanyuk S. O. and Maidanyuk V. P. [1]. The authors show the possibility of non-invasive EEG registration using portable devices and subsequent automated computer processing of the received signals. In combination with artificial intelligence technologies, this creates the prerequisites for the formation of new means of assessing the functional state of the body. This approach can be extended to cardiological tasks, provided that the neuroheadset is used not in isolation, but together with cardiological sensors.

The theoretical justification for the use of EEG in cardiological studies is largely related to modern ideas about brain-heart interaction. Scheitz et al. [2] summarized data on the bilateral connection between the brain and the heart in normal and pathological conditions. The authors draw attention to the importance of brain-heart interaction in heart failure, atrial fibrillation, Takotsubo syndrome and other diseases. Valenza, Matić and Catrambone [3] characterize the brain-heart axis as a complex integrated system, the connections in which are implemented through neural, mechanical and biochemical mechanisms. These studies indicate that the functioning of the heart cannot be completely considered separately from central and autonomic nervous regulation.

Of particular interest are works devoted to the simultaneous processing of EEG and cardiac signals. Shi et al. [4] consider multimodal fusion of EEG and ECG/HRV and the application of spectral, phase, information-theoretic and machine learning methods to study brain-heart interaction. This approach allows us to move from a simple independent analysis of brain and heart activity to a quantitative assessment of their synchronization, mutual temporal dependencies and information interaction.

An important component of such analysis is heart rate variability. Wang et al. [6] consider HRV as an informative indirect indicator of autonomic nervous regulation.

Changes in HRV may be important for assessing autonomic dysfunction, predicting adverse events, and monitoring the condition of patients with cardiovascular diseases. The combination of HRV with EEG is of particular importance, as it allows for simultaneous assessment of central and peripheral manifestations of nervous regulation of cardiac activity.

The development of wearable technologies also creates the necessary hardware basis for the use of neuroheadsets in cardiology. Xie et al. [7] note the transition of modern wearable cardiology devices from recording a single parameter to integrated personalized monitoring. The European Heart Journal [8] reviews the possibilities of wearable devices for long-term monitoring of heart rate, physical activity, sleep and other indicators. However, the widespread clinical implementation of such technologies is still limited by the need for standardization, clinical validation and integration of the obtained data into medical information systems. Pizarro et al. [9] investigate the possibilities of remote monitoring of patients with heart failure using wearable sensors and artificial intelligence. Min et al. [10] analyze wearable blood pressure sensors and machine learning algorithms for its evaluation. These areas can be supplemented by a neuroheadset, which will allow adding information about central nervous activity to traditional cardiac and hemodynamic indicators.

Artificial intelligence is another important component of promising systems. Varzideh et al. [5] consider the application of AI in neurocardiology for the analysis of brain-heart connections, digital phenotyping, and processing data from wearable sensors. The use of artificial intelligence algorithms is particularly relevant due to the large amount of data generated during long-term simultaneous registration of EEG, ECG, HRV, blood pressure, and other parameters.

**Presentation of the main material**. The use of neuro-headsets in the diagnosis of cardiovascular diseases should be considered at several levels. The first level consists of direct registration of EEG and determination of the functional state of the central nervous system. The second involves synchronization of EEG with cardiological indicators, primarily ECG and HRV. The third level consists of a comprehensive analysis of the relationships between these signals using statistical, spectral, phase and information methods. The fourth level involves the use of machine learning algorithms for automated detection of complex patterns characteristic of changes in the patient's functional state.

The most important condition for the practical application of the neuroheadset is the simultaneous registration of EEG and ECG. In such a system, the neuroheadset provides information about the electrical activity of the brain, and the ECG sensor registers the electrical activity of the heart. A necessary condition is the exact time synchronization of the two signals. All recordings must have a single time scale or synchronized time stamps. This makes it possible to establish whether a change in a certain EEG parameter occurred before, simultaneously with, or after a cardiac event.

For practical portable EEG recording, it is advisable to use a sampling frequency of at least approximately 250 Hz. If possible, the range of 250–500 Hz is advisable. A

similar range can be used for ECG, since it provides sufficient accuracy in determining the time position of R-waves. A multichannel neuroheadset has an advantage over single-channel systems, since it allows assessing the activity of several brain areas. The location of the electrodes should preferably be oriented to the international system 10–20, as far as the design of a particular portable device allows.

A separate problem is the quality of the EEG signal. The electroencephalographic signal has a small amplitude and largely depends on the quality of the contact of the electrodes with the skin. The result is affected by blinking, eye movements, facial and masticatory muscles, head movements, physical activity and electrical interference. That is why the use of a neuroheadset in everyday conditions requires special pre-processing of the data. In the original work, the weakness of the EEG signal and sensitivity to motor and muscle artifacts are identified as one of the main problems in the practical use of neuroheadsets.

To clean the EEG, it is advisable to use band-pass digital filtering, for example in the range of approximately 0.5–45 Hz. To eliminate the network component, a notch filter at a frequency of 50 Hz can be used. In multichannel systems, it is advisable to use the independent component method ICA, which allows you to isolate individual statistically independent signal components and eliminate components associated with blinking, eye movements or muscle activity. With long-term monitoring, it is also necessary to automatically identify fragments with poor electrode contact or excessive motion artifacts and exclude them from further analysis.

After cleaning the EEG, spectral analysis can be performed. For this purpose, it is advisable to evaluate activity in the δ-band of approximately 0.5–4 Hz, the θ-band of 4–8 Hz, the α-band of 8–13 Hz and the β-band of 13–30 Hz. For each range, the absolute or relative spectral power is determined. The fast Fourier transform or the Welch method can be used to calculate the spectral characteristics. In this case, a separate power level of α-, β- or other rhythm cannot be considered as a specific marker of a particular cardiovascular pathology. Its change simultaneously with changes in cardiac parameters is of practical importance.

In the ECG signal after digital filtering, it is necessary to determine the position of the QRS complexes and R-waves. To automate this process, the Pan–Tompkins algorithm or its modern modifications can be used. After determining the R-waves, the time intervals between successive heart contractions are calculated. After removing ectopic complexes and technical artifacts, a sequence of NN intervals is formed, on the basis of which the analysis of heart rate variability is performed.

SDNN, RMSSD, pNN50 and frequency characteristics can be used to assess HRV. SDNN reflects the overall variability of normal interbeat intervals. RMSSD characterizes short-term changes between consecutive NN intervals and is particularly useful for assessing rapid changes in autonomic regulation. pNN50 determines the proportion of adjacent NN intervals with a difference of more than 50 ms. LF and HF components can be determined in the frequency domain. At the same time, the LF/HF ratio should be interpreted with caution and should not be considered as a direct and unambiguous indicator of “sympathetic-parasympathetic balance”.

Practically important is not a separate determination of EEG and HRV indicators, but their synchronous comparison. The recording can be divided into time intervals, within which the characteristics of EEG, heart rate and HRV are simultaneously calculated. For example, for a certain fragment, it is possible to determine the power of the α- and β-bands of EEG, the average heart rate, RMSSD and SDNN, and then check the relationship between their changes.

The simplest method is correlation analysis. For normally distributed data, the Pearson coefficient can be used, and for non-normally distributed data, the Spearman coefficient. For example, one can examine the relationship between the change in spectral power of a particular EEG band and the change in RMSSD or heart rate.

Cross-correlation analysis is useful for determining the time lags between brain and cardiac changes. If the EEG change systematically occurs before the cardiac change, the maximum of the cross-correlation function can be observed at a certain time shift. This allows us to assess the temporal organization of brain-cardiac interaction.

To study frequency-dependent relationships, spectral coherence can be used. It allows us to assess the extent to which two physiological processes have coherent dynamics in a certain frequency range. Additionally, phase synchronization can be determined, in particular using the Phase Locking Value indicator. It characterizes the stability of the phase difference between two oscillatory processes.

For more complex nonlinear relationships, mutual information and transfer entropy can be used. Mutual information makes it possible to quantify the statistical dependence between two signals even in the absence of linear correlation. Transfer entropy can be used to assess directional information communication, for example, separately in the direction "brain → heart" and "heart → brain". At the same time, information directionality should not be automatically interpreted as proven biological causality. In the original material, it is synchronization, the direction of information flow and nonlinear relationships that are identified as promising characteristics of brain-heart interaction.

The use of neuro-headsets can be of particular importance in arrhythmias. Atrial fibrillation, tachycardia, bradycardia and other rhythm disturbances can be episodic, so a short-term examination does not always allow them to be recorded. With simultaneous registration of ECG and EEG, it is possible to analyze changes in brain activity immediately before an episode of arrhythmia, during it and after its completion. For example, it is possible to select fragments of several minutes before and after the event, calculate the spectral characteristics of EEG, heart rate, RMSSD, SDNN and indicators of brain-heart synchronization and compare them between different phases. This allows us to investigate what changes in nervous regulation accompany arrhythmia. At the same time, the fact of arrhythmia itself should be established on the basis of ECG, and the neuro-headset is only an additional source of information.

In heart failure, a neuroheadset can be part of a remote monitoring system. Patients with heart failure require long-term monitoring, as deterioration often occurs gradually. The complex system can include ECG, heart rate, blood pressure, physical

activity, sleep, and EEG. In this case, the neuroheadset can provide information about the functional state of the brain, changes in sleep, psychoemotional or cognitive load, and reactions of the autonomic nervous system. This approach may be useful not for direct diagnosis of heart failure, but for detecting complex changes in the patient's condition.

In hypertension, the neuroheadset can be used in conjunction with an ECG and a blood pressure sensor. If the time stamps of all measurements are synchronized, it is possible to determine which EEG and HRV changes accompany an increase or decrease in pressure. This can be useful for studying the central and autonomic mechanisms of circulatory regulation. However, in this case, the diagnosis of hypertension should still be established by standard validated methods of blood pressure measurement.

The use of neuro-headsets for the assessment of stress-induced states is of particular importance. Psycho-emotional stress activates central and autonomic mechanisms, which can be accompanied by simultaneous changes in EEG, heart rate and HRV. In patients with increased cardiovascular risk, such reactions are of considerable interest, as they allow us to study the individual characteristics of the body's response to stress. For a standardized study, it is possible to compare indicators at rest, during cognitive or emotional stress and during the recovery period.

Artificial intelligence can significantly expand the possibilities of using neuro-headsets. During long-term monitoring, a large array of EEG, ECG, HRV and other data is formed. Manual processing of such a volume of information is practically impossible. Machine learning algorithms can automatically remove artifacts, highlight informative features, determine changes in functional state and classify individual types of physiological reactions.

At the first stage, it is advisable to use relatively interpretable algorithms for classification, in particular, logistic regression, Support Vector Machine, Random Forest or gradient boosting. Input parameters can be EEG spectral characteristics, average heart rate, SDNN, RMSSD, pNN50, LF, HF, indicators of coherence, phase synchronization, mutual information and other characteristics. In the presence of large data sets, it is possible to use convolutional and recurrent neural networks.

When building machine learning models, it is fundamentally important to separate training and test data at the patient level. If different fragments of a patient’s record are simultaneously included in the training and test samples, the model may exhibit artificially high accuracy. Therefore, all records from a patient should be used in only one part of the sample. For small studies, a leave-one-subject-out approach is appropriate, in which the model is sequentially tested on a patient whose data was not used during training.

A promising direction for using neuro-headsets is the creation of an individual physiological norm. Instead of a one-time comparison of indicators with general population norms, the system can accumulate data for a specific patient for several weeks or months. The typical level of spectral characteristics of EEG, heart rate, RMSSD, SDNN, physical activity and sleep indicators can be determined. In the future,

the algorithm will determine deviations from the personal baseline. If several parameters change simultaneously — for example, the resting heart rate increases, HRV decreases, the EEG structure changes, and sleep is disturbed — the system can generate a warning signal about the need for additional medical examination. The concept of an individual physiological norm is directly considered in the original work as a promising direction of personalized medicine.

A promising future is the integration of the neuroheadset with several types of wearable sensors. The system can simultaneously receive EEG, ECG, photoplethysmogram, blood pressure, respiratory rate, temperature, physical activity and sleep indicators. A separate neuroheadset characterizes mainly brain activity, and a cardiological sensor characterizes the work of the heart. Combining data allows you to create a comprehensive digital profile of the person's condition.

However, clinical use of such technologies is associated with a number of limitations. Portable neuroheadsets have a smaller number of electrodes compared to standard clinical systems, which limits the spatial localization of brain activity. There are differences between electrode types, sampling rates, filtering algorithms, and data formats of different devices. Therefore, results obtained using different equipment cannot always be directly compared. In addition, any EEG–ECG patterns identified should be verified in independent groups of patients.

Thus, the practical use of neuroheadset in the diagnosis of cardiovascular diseases does not consist in an attempt to establish a cardiological diagnosis in the form of EEG. Much more justified is the model in which the neuroheadset is an additional sensor in a complex diagnostic system. It allows you to obtain information about the state of the central nervous system, which is synchronously analyzed with data on heart function, autonomic regulation, blood pressure and physical activity. It is this concept that most closely corresponds to the modern understanding of the interaction of the brain and the heart.

**Conclusions.** Neuroheadsets are a promising technological tool for expanding the possibilities of diagnosing and monitoring cardiovascular diseases, but at the present stage they should not be considered as an independent method of establishing a cardiological diagnosis. The main function of the neuroheadset is non-invasive registration of electrical activity of the brain, therefore its greatest value in cardiology is associated with the assessment of central and autonomic mechanisms of regulation of cardiac activity.

The most promising option is the synchronous combination of a neuroheadset with an ECG sensor and subsequent analysis of heart rate variability. This approach allows for simultaneous assessment of brain activity, heart rate, and functional state of the autonomic nervous system. For quantitative description of the obtained data, it is advisable to use EEG spectral analysis, SDNN, RMSSD, and pNN50 indices, correlation and cross-correlation analysis, spectral coherence, phase synchronization, mutual information, and methods for assessing directed information interaction.

The use of neuroheadsets may be particularly promising in the study of arrhythmias, heart failure, hypertension, and stress-induced conditions. In these cases,

the neuroheadset can provide information about changes in brain activity and neural regulation that accompany cardiac events. At the same time, the diagnosis of arrhythmia should be confirmed by ECG, the diagnosis of hypertension by validated blood pressure measurement, and heart failure by a standard set of clinical and instrumental methods.

There is significant potential in integrating neuro-headsets with photoplethysmography, blood pressure monitoring, sleep metrics, physical activity, and artificial intelligence algorithms. Machine learning can be used to automatically clean signals, form digital features, detect deviations from individual physiological norms, and search for complex patterns of brain-heart interaction.

Further development of this area requires standardization of neuroheadsets, unification of methods of synchronization of EEG and ECG, creation of unified protocols of digital signal processing and conducting large-scale clinical studies. It is also necessary to determine which characteristics of EEG and brain-heart interaction have a stable and reproducible relationship with specific cardiovascular pathologies.

Therefore, the most reasonable model for the practical use of neuro-headsets in the diagnosis of cardiovascular diseases is their inclusion in intelligent multimodal systems in which EEG is analyzed together with ECG, HRV, blood pressure, photoplethysmography, and other indicators. Such an approach can ensure the transition from periodic measurement of individual parameters to long-term personalized monitoring of the patient's functional state and potentially contribute to the early detection of changes that require additional medical examination.

## Reference

1. Romanyuk O. N., Pavlov V. S., Titova N. V., Romanyuk S. O., Maidanyuk V. P. Using neuro-headsets for disease diagnostics. Optical-electronic information and energy technologies. 2025. No. 1 (49). P. 168–177. DOI: 10.31649/1681-7893-2025-49-1-168-177.
2. Scheitz JF, Villringer A., Mikail N., Gebhard C., Endres M. et al. Bidirectional brain–heart interactions in health and disease. Nature Reviews Neurology. 2026. Vol. 22. P. 209–225. DOI: 10.1038/s41582-025-01180-w.
3. Valenza G., Matić Z., Catrambone V. The brain-heart axis: integrative cooperation of neural, mechanical and biochemical pathways. Nature Reviews Cardiology. 2025. Vol. 22. P. 537–550. DOI: 10.1038/s41569-025-01140-3.
4. Shi Q., Shi L., Chao J. et al. Exploring brain-heart interactions: advances in physiological signal fusion for healthcare. Information Fusion. 2026. Vol. 128. Article 103950. DOI: 10.1016/j.inffus.2025.103950.
5. Varzideh F., Pande S., Jankauskas SS et al. Artificial intelligence in neurocardiology: decoding brain–heart network interactions for clinical and translational insights. Frontiers in Neuroscience. 2026. Vol. 20. DOI: 10.3389/fnins.2026.1788653.
6. Wang BX, Brennand E., Le Page P., Mitchell ARJ Heart rate variability in cardiovascular disease diagnosis, prognosis and management. Frontiers in Cardiovascular Medicine. 2026. DOI: 10.3389/fcvm.2025.1680783.

7. Xie H., Yang L., Jiang B. et al. State-of-the-art wearable sensors for cardiovascular health: a review. npj Cardiovascular Health. 2025. Vol. 2. Article 53. DOI: 10.1038/s44325-025-00090-6.
8. Wearable devices and cardiovascular health: revolutionizing remote monitoring and disease prevention. European Heart Journal. 2026. Vol. 47, No. 18. P. 2130–2145. DOI: 10.1093/eurheartj/ehag189.
9. Pizarro CS, Schots BBS, Schuuring MJ, van der Harst P., van Es R. et al. Non-Invasive Remote Monitoring in Heart Failure: Towards Wearable Devices and Artificial Intelligence Solutions. Current Heart Failure Reports. 2025. Vol. 22. Article 44. DOI: 10.1007/s11897-025-00725-w.
10. Min S., An J., Lee JH, Kim JH et al. Wearable blood pressure sensors for cardiovascular monitoring and machine learning algorithms for blood pressure estimation. Nature Reviews Cardiology. 2025. Vol. 22. P. 629–648. DOI: 10.1038/s41569-025-01127-0.

# MORPHOGENESIS AND HISTOGENESIS OF THE HUMAN THYROID GLAND DURING PRENATAL ONTOGENY

**Khodorovska Alla**
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
Department of Histology, Cytology and Embryology
Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

**Background.** The thyroid gland undergoes complex structural changes during prenatal development, leading to the formation of its characteristic follicular organization. The timing and sequence of these developmental events are essential for understanding the establishment of thyroid structure and function.

**Keywords:** human thyroid gland; prenatal development; morphogenesis; histogenesis; folliculogenesis; thyroid epithelium; follicular cells; parafollicular cells; colloid; thyroid differentiation.

**Introduction.** The thyroid gland is one of the earliest-forming endocrine organs in humans, and its prenatal development involves sequential processes of thyroid primordium specification, morphogenesis, differentiation of epithelial cells, and formation of the follicular structure [1]. Studies of the human embryonic thyroid gland demonstrate a gradual transition from the early stages of differentiation to structural and functional maturation of the follicular apparatus [1].

**Aim of the Study.** To summarize current data on the patterns of morphogenesis and histogenesis of the human thyroid gland during prenatal ontogeny, with a focus on differentiation of the thyroid epithelium, formation of the follicular apparatus, and its structural maturation.

Results and Discussion. Thyroid gland morphogenesis begins at early stages of embryonic development. According to a study of the human fetal thyroid gland, the thyroid primordium forms approximately on the 24th day after fertilization [5]. Transcription factors NKX2-1, PAX8, FOXE1, and HHEX play an important role in the establishment of the thyroid phenotype, participating in the specification and subsequent development of the thyroid epithelium [6].

Subsequently, thyroid gland development is accompanied by the transition from early thyroid cells to differentiated follicular epithelium [1]. In the human embryonic thyroid gland, marked changes in the transcriptomic profile occur during gestational weeks 7–11, reflecting the transition from differentiation to functional maturation [1]. A study of human fetal tissue at 12 and 16 weeks of gestation demonstrated the presence of distinct thyroid cell populations, including follicular cells expressing TPO, TG, TSHR, and SLC5A5 [2].

An important morphological event in histogenesis is the formation of follicles and the appearance of colloid. In the human embryonic thyroid gland, the first signs of colloid formation are detected at approximately 10–11 weeks of gestation [1]. Subsequent development of the follicular apparatus is accompanied by its gradual structural maturation [5].

A histological study of human fetuses showed that colloid was not detectable in the thyroid gland up to the 12th week of gestation, whereas its first appearance was observed at the 14th week of gestation [3]. The authors identified sequential pre-colloid, colloid, follicular, and maturation stages of thyroid gland development [3].

A study of 18 human fetuses aged 12–36 weeks also demonstrated a sequential change in the histological organization of the thyroid gland, which the authors divided into the stages of colloid formation, folliculogenesis, and mature follicular growth [5]. During this period, follicular size and the amount of colloid increased, reflecting the gradual structural maturation of the follicular apparatus [5].

A morphometric and histological study of human fetuses across a wide range of gestational ages made it possible to trace age-related changes in the structural parameters of the thyroid gland [4]. These findings complement the results of histological studies, demonstrating the gradual remodeling of the glandular tissue throughout the prenatal period [4].

Follicle formation is accompanied by changes in thyrocyte polarity, organization of the apical surface, and formation of an internal lumen [8]. An experimental study of thyroid gland development demonstrated that apical polarization, lumenogenesis, and functional differentiation are interrelated but asynchronous processes [8]. However, this study was conducted predominantly using a mouse model; therefore, its findings are more appropriately used to characterize the mechanisms of folliculogenesis rather than to establish specific developmental time points for the human thyroid gland [8].

The molecular regulation of thyroid gland histogenesis is determined by a complex interplay of transcription factors and signaling pathways [6]. PAX8 is involved in maintaining the thyroid-specific program and is required for follicle formation and functional differentiation of thyroid cells [6]. HHEX participates in the

early development of the thyroid primordium and contributes to the maintenance of the expression of other key thyroid transcription factors [6].

A study of the human fetal thyroid gland demonstrated that follicular cells are characterized by the expression of TPO, TG, TSHR, and SLC5A5, while activation of cAMP signaling in fetal thyroid organoids promotes follicular maturation and thyroxine secretion [2]. Thus, functional maturation of follicular cells is accompanied not only by morphological remodeling but also by activation of molecular programs associated with thyroid hormone synthesis [2].

Alongside the follicular component, the development of parafollicular cells also occurs during the prenatal period. In a study of human fetuses aged 14–28 weeks, parafollicular cells were detected as early as the 14th week, and by the 16th week they had acquired morphological and functional features of maturity [9]. During subsequent development, their distribution changed from scattered to parafollicular and intrafollicular localization, occurring in parallel with follicular enlargement [9].

A histological study of another series of human fetuses demonstrated the appearance of parafollicular cells after the 17th week of gestation, as well as an age-related increase in the thickness of the thyroid capsule and its vascularization [3]. The difference in the timing of parafollicular cell detection among different studies may be related to differences in the studied material and the histological assessment methods used [3,9].

Current genetic studies indicate that disturbances in thyroid gland development may occur at different stages, from early specification of the thyroid primordium to folliculogenesis and functional differentiation [7]. Genetic alterations, particularly in the PAX8, FOXE1, and NKX2-1 genes, may be associated with thyroid developmental abnormalities [7]. Understanding the patterns of normal embryonic development is important for elucidating the mechanisms underlying congenital thyroid dysgenesis [10].

Conclusions:

1. Morphogenesis and histogenesis of the human thyroid gland during prenatal ontogeny represent a sequential process that includes early specification of the thyroid primordium, differentiation of the thyroid epithelium, and formation of the follicular apparatus [1].

2. The appearance of colloid within the follicles is a morphological sign of the onset of functional differentiation of the human thyroid gland, which begins approximately at 10–11 weeks of gestation [1].

3. Subsequently, folliculogenesis, colloid accumulation, and gradual maturation of the follicular apparatus take place [5].

4. Parafollicular cells develop during the second trimester and gradually acquire morphological and functional features of maturity [9].

5. Molecular maturation of the thyroid epithelium is accompanied by activation of genetic programs associated with follicular cell differentiation and thyroid hormone synthesis [2].

6. Thus, prenatal development of the thyroid gland is characterized by a close interrelationship between morphogenetic, histogenetic, and functional processes,

resulting in the formation of a structurally organized and functionally competent follicular apparatus [1].

## References

1. Dom, G., Dmitriev, P., Lambot, M. A., Van Vliet, G., Glinoer, D., Libert, F., Lefort, A., Dumont, J. E., & Maenhaut, C. (2021). Transcriptomic signature of human embryonic thyroid reveals transition from differentiation to functional maturation. Frontiers in Cell and Developmental Biology, 9, 669354. https://doi.org/10.3389/fcell.2021.669354
2. Liang, J., Qian, J., Yang, L., Chen, X., Wang, X., Lin, X., Wang, X., & Zhao, B. (2022). Modeling human thyroid development by fetal tissue-derived organoid culture. Advanced Science, 9(9), e2105568. https://doi.org/10.1002/advs.202105568
3. Mukhia, R., Mansur, D. I., & Pandey, M. R. (2021). Histological studies on foetal thyroid gland of developing human foetuses. Journal of College of Medical Sciences-Nepal, 17(1), 75–80. https://doi.org/10.3126/jcmsn.v17i1.29729
4. Joshi, R., Singh, P., & Srivastava, S. (2023). Morphometry and histology of thyroid gland in developing human foetuses: A cross-sectional study. International Journal of Anatomy and Research, 12(5), AO05–AO08. https://doi.org/10.7860/IJARS/2023/60683.2916
5. Kotian, S. R., Salva, M. N., Pandey, A. K., & Kalthur, S. G. (2021). Human fetal thyroid gland: A morphological & histological study. Journal of Morphological Sciences, 38, 186–189. https://doi.org/10.51929/JMS.38.33.2021
6. López-Márquez, A., Carrasco-López, C., Fernández-Méndez, C., & Santisteban, P. (2021). Unraveling the complex interplay between transcription factors and signaling molecules in thyroid differentiation and function, from embryos to adults. Frontiers in Endocrinology, 12, 654569. https://doi.org/10.3389/fendo.2021.654569
7. Stoupa, A., Carré, A., Polak, M., Szinnai, G., & Schoenmakers, N. (2025). Genetics of primary congenital hypothyroidism: Three decades of discoveries and persisting etiological challenges. European Thyroid Journal, 14(2), e240348. https://doi.org/10.1530/ETJ-24-0348
8. Johansson, E., Liang, S., Moccia, C., Carlsson, T., Andersson, D., Fagman, H., & Nilsson, M. (2021). Asynchrony of apical polarization, luminogenesis, and functional differentiation in the developing thyroid gland. Frontiers in Endocrinology, 12, 760541. https://doi.org/10.3389/fendo.2021.760541
9. Das, S. S., Mishra, S., & Kaul, J. M. (2017). Development of parafollicular cells and their relationship with developing thyroid follicles in human foetuses. Journal of Clinical and Diagnostic Research, 11(7), AC01–AC04. https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/26211.10225
10. Cavarzere, P., Mancioppi, V., Battiston, R., Lupieri, V., Morandi, A., & Maffeis, C. (2025). Primary congenital hypothyroidism: A clinical review. Frontiers in Endocrinology, 16, 1592655. https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1592655

# MORPHOGENESIS OF THE HUMAN PULMONARY VASCULAR SYSTEM DURING THE PRENATAL PERIOD OF ONTOGENESIS (Literature Review)

**Khodorovska Alla**
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
Department of Histology, Cytology and Embryology
Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

**Background.** The development of the pulmonary vascular bed establishes the structural basis for future gas-exchange function and represents a critical stage in the transition of the lungs from the fetal to the postnatal pattern of circulation. Clarifying the sequence of pulmonary artery formation, development of the microvascular network, and endothelial specialization is important for understanding the mechanisms underlying the normal development of the alveolar-capillary complex.

**Keywords:** human lung development; pulmonary vasculature; pulmonary arteries; vasculogenesis; angiogenesis; capillary network; endothelial cells; alveolar-capillary complex; prenatal development; lung morphogenesis.

**Introduction.** The formation of the vascular system is an integral component of lung morphogenesis, as the development of the vascular bed proceeds in coordination with the formation and branching of the respiratory tract and contributes to the establishment of the future gas-exchange apparatus [1, 9, 13]. Prenatal development of the pulmonary vascular system involves sequential processes of vasculogenesis, angiogenesis, vascular growth and remodeling, as well as endothelial cell differentiation [1, 9].

**Aim of the Study.** To summarize current knowledge on the patterns of pulmonary artery morphogenesis, formation of the capillary network, and development of the alveolar-capillary complex during the prenatal period of human ontogenesis.

**Results and Discussion.** The first signs of pulmonary vascular network formation appear during the early stages of embryogenesis. A study of human embryonic material aged 31–56 days after fertilization demonstrated that a capillary plexus was already detectable in the lung tissue by day 31, while blood flow within it began approximately on day 34 [10]. The initial formation of the capillary plexus around the tips of the respiratory tract buds occurs predominantly through vasculogenesis, whereas the subsequent formation of distal vessels is largely associated with angiogenesis [10].

The formation of the pulmonary arteries occurs in parallel with the development of the respiratory tract, although these processes are not completely synchronous. In human embryos and early fetuses, the pulmonary artery initially exhibits limited branching, whereas peripheral vascular structures may develop earlier than the corresponding arterial branches [11]. As the pseudoglandular period progresses, the

arterial network expands, and its branches gradually approach the developing branches of the respiratory tract [11, 13].

Contemporary experimental studies complement morphological data by providing insights into the cellular heterogeneity of the arterial endothelium. In a mouse model of lung development, functionally and spatially distinct subpopulations of arterial endothelial cells were identified, while disruption of CXCL12 signaling resulted in branching defects and distal vascular hypoplasia [8]. These findings expand our understanding of the molecular mechanisms underlying pulmonary arterial network formation; however, they cannot be directly extrapolated to human embryogenesis without considering interspecies differences [8].

In parallel with the development of the arterial vasculature, the microvascular network is formed. In the human embryonic lung, a capillary plexus develops around the distal respiratory tract buds and gradually expands toward the periphery [10, 12]. In human fetal lungs at 8, 13, and 16 weeks of gestation, endothelial cells without adjacent smooth muscle cells form a capillary network around the distal components of the respiratory tract as early as the mid-pseudoglandular period, after which it establishes connections with more proximally located vessels [12].

Epithelial-endothelial interactions play an important role in the development of the capillary network. In human fetal lungs, epithelial cells of the most distal parts of the respiratory tract express VEGF, whereas endothelial cells of the capillary network express the corresponding receptors [10, 12]. These findings indicate the involvement of VEGF-dependent signaling in the proliferation, maturation, and organization of the capillary endothelium during lung development [10, 12].

Contemporary single-cell and spatial studies have demonstrated cellular heterogeneity of the pulmonary endothelium. An atlas of endothelial cells in the human lung demonstrated the presence of arterial, venous, capillary, and lymphatic endothelial populations, as well as additional heterogeneity within individual vascular compartments [5]. Analysis of the human fetal lung from 5 to 22 weeks after fertilization also revealed dynamic changes in the endothelial compartment alongside the development of epithelial and mesenchymal populations [4].

The specialization of alveolar capillary endothelium is of particular importance for the establishment of future gas exchange. The alveolar capillary network comprises two major types of endothelial cells—aerocytes and general capillary cells—which differ in their molecular profiles and functional characteristics [3, 5, 6]. Direct evidence of prenatal specialization of human capillary endothelium was obtained from studies of lung tissue at 10–20 weeks of gestation. During this period, molecular features of the formation of CAP1 and CAP2 populations were identified, while the expression of several CAP2 markers changed throughout the late pseudoglandular and early canalicular stages [2]. An association was also demonstrated between the expression of specific VEGF-A isoforms and CAP2 markers in the human prenatal lung [2].

Thus, prenatal formation of the capillary network is a dynamic process involving vascular growth, remodeling, and cellular specialization [1, 2, 9]. The formation of the future alveolar-capillary complex results from the coordinated development of capillary

endothelium, epithelium, and mesenchymal components of the distal lung tissue [7]. The vascular component is an integral part of the alveolar microarchitecture, and its maturation occurs in close association with the development of the alveolar epithelium [1, 6, 7].

As the lungs mature prenatally, not only the structural characteristics of the vessels but also the functional properties of the pulmonary circulation undergo changes. During the fetal period, pulmonary circulation is characterized by relatively high vascular resistance and low blood flow; maturation of the vascular system prepares it for the substantial increase in pulmonary blood flow after birth [9, 13]. Thus, the structural development of the arterial and capillary vasculature provides the morphological basis for the transition from the fetal to the postnatal pattern of pulmonary circulation [9, 13].

**Conclusions.** The morphogenesis of the human pulmonary vascular system begins during the early embryonic stages with the formation of a primitive capillary plexus and continues with the development and branching of the pulmonary arteries and the peripheral microvascular network [10, 11]. The development of the vascular bed occurs in close association with respiratory tract morphogenesis and involves vasculogenesis, angiogenesis, vascular remodeling, and endothelial differentiation [1, 9, 11, 12]. Throughout the prenatal period, the capillary network not only expands but also undergoes cellular specialization, creating the prerequisites for the formation of the alveolar-capillary complex [2, 4, 5, 6]. Thus, the development of the pulmonary vascular system represents an integrated morphogenetic process in which the development of the arterial tree, capillary network, and distal gas-exchange structures occurs in a coordinated manner.

## References

1. Ceas, A., Jimenez, A., Liu, Y., De Niz, M., & Vila Ellis, L. (2026). Endothelial continuum and capillary specialization in pulmonary vascular development. Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 46(8), e322483. https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.126.322483
2. Hoarau, A., Frauenpreis, A., Belgacemi, R., Loeffler, E., Maalouf, O., Glass, I. A., Al Alam, D., & Danopoulos, S. (2026). VEGF-A isoforms induce the expression of APLN in endothelial cells during human prenatal lung development. Frontiers in Cell and Developmental Biology, 13, 1729884. https://doi.org/10.3389/fcell.2025.1729884
3. Thakur, A., Clair, G., Zhang, L., Soni, S., Mariani, T. J., & Çataltepe, S. (2026). Capillary endothelial cell subtypes in the lung: Markers and response to developmental lung injury. American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology, 74(1), 119–128. https://doi.org/10.1165/rcmb.2025-0009OC
4. He, P., Lim, K., Sun, D., Pett, J. P., Jeng, Q., Polanski, K., Dong, Z., Bolt, L., Richardson, L., Mamanova, L., Dabrowska, M., Wilbrey-Clark, A., Madissoon, E., Tuong, Z. K., Dann, E., Suo, C., Goh, I., Yoshida, M., Nikolić, M. Z., … Rawlins, E. L. (2022). A human fetal lung cell atlas uncovers proximal-distal gradients of

differentiation and key regulators of epithelial fates. Cell, 185(25), 4841–4860.e25. https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.11.005

5. Schupp, J. C., Adams, T. S., Cosme, C., Jr., Raredon, M. S. B., Yuan, Y., Omote, N., Poli, S., Chioccioli, M., Rose, K.-A., Manning, E. P., Sauler, M., DeIuliis, G., Ahangari, F., Neumark, N., Habermann, A. C., Gutierrez, A. J., Bui, L. T., Lafyatis, R., Pierce, R. W., … Kaminski, N. (2021). Integrated single-cell atlas of endothelial cells of the human lung. Circulation, 144(4), 286–302. https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.052318

6. Gillich, A., Zhang, F., Farmer, C. G., Travaglini, K. J., Tan, S. Y., Gu, M., Zhou, B., Feinstein, J. A., Krasnow, M. A., & Metzger, R. J. (2020). Capillary cell-type specialization in the alveolus. Nature, 586(7831), 785–789. https://doi.org/10.1038/s41586-020-2822-7

7. Zepp, J. A., Morley, M. P., Loebel, C., Kremp, M. M., Chaudhry, F. N., Basil, M. C., Leach, J. P., Liberti, D. C., Niethamer, T. K., Ying, Y., Jayachandran, S., Babu, A., Zhou, S., Frank, D. B., Burdick, J. A., & Morrisey, E. E. (2021). Genomic, epigenomic, and biophysical cues controlling the emergence of the lung alveolus. Science, 371(6534), eabc3172. https://doi.org/10.1126/science.abc3172

8. Chandrasekaran, P., Negretti, N. M., Sivakumar, A., Liberti, D. C., Wen, H., Peers de Nieuwburgh, M., Wang, J. Y., Michki, S. N., Chaudhry, F. N., Kaur, S., Lu, M., Jin, A., Zepp, J. A., Young, L. R., Sucre, J. M. S., & Frank, D. B. (2022). CXCL12 defines lung endothelial heterogeneity and promotes distal vascular growth. Development, 149(21), dev200909. https://doi.org/10.1242/dev.200909

9. Gao, Y., Cornfield, D. N., Stenmark, K. R., Thébaud, B., Abman, S. H., & Raj, J. U. (2016). Unique aspects of the developing lung circulation: Structural development and regulation of vasomotor tone. Pulmonary Circulation, 6(4), 407–425. https://doi.org/10.1086/688890

10. Pereda, J., Sulz, L., San Martín, S., & Godoy-Guzmán, C. (2013). The human lung during the embryonic period: Vasculogenesis and primitive erythroblasts circulation. Journal of Anatomy, 222(5), 487–494. https://doi.org/10.1111/joa.12042

11. Hislop, A., & Reid, L. (1972). Intra-pulmonary arterial development during fetal life—Branching pattern and structure. Journal of Anatomy, 113(Pt. 1), 35–48.

12. Maeda, S., Suzuki, S., Suzuki, T., Endo, M., Moriya, T., Chida, M., Kondo, T., & Sasano, H. (2002). Analysis of intrapulmonary vessels and epithelial-endothelial interactions in the human developing lung. Laboratory Investigation, 82(3), 293–301. https://doi.org/10.1038/labinvest.3780423

13. Suresh, K., & Shimoda, L. A. (2016). Lung circulation. Comprehensive Physiology, 6(2), 897–943. https://doi.org/10.1002/cphy.c140049

DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.009.173-180

# МОЛЕКУЛЯРНО-КЛІТИННІ МЕХАНІЗМИ КОНСОЛІДАЦІЇ ПАМ'ЯТІ В ГІПОКАМПІ (ОГЛЯДОВА)

**Анохіна Світлана**
к.мед.н., доцент
**Анохіна Анна**
здобувач вищої освіти
Буковинський державний медичний університет, Україна

**Анотація.** Огляд присвячено аналізу процесів переходу короткочасної пам'яті в довготривалу. Розглянуто синаптичну пластичність, роль сигнальних молекул, синтез білків та структурну пернабудову нейронних мереж, що забезпечують стабілізацію слідів пам'яті. Консолідація пам'яті є складним багаторівневим процесом, у якому поєднуються молекулярні, клітинні, синаптичні та системні механізми. Центральне місце в ньому посідає гіпокамп, який забезпечує формування нових епізодичних і просторових представлень та їх подальшу стабілізацію.

**Ключові слова.** Гіпокамп, пам'ять, консолідація пам'яті, синаптична пластичність, довготривала потенціація, CA1, CA3, NMDA-рецептори, AMPA-рецептори, CaMKII, CREB, BDNF, енграма, sharp-wave ripples.

**Метою та завданнями нашої роботи** є огляд літературних джерел про основні молекулярно-клітинні механізмі консолідації пам'яті, для подальшого розуміння причин їх порушення, та пошуку нових підходів до профілактики та лікування когнітивного дефіциту при нейродегенеративних захворюваннях.

**Введення**. Пам'ять є фундаментальною функцією центральної нервової системи, яка забезпечує набуття, збереження та відтворення інформації. Формування довготривалого спогаду є складним багаторівневим процесом, що включає первинне кодування інформації, синаптичну та системну консолідацію, стабілізацію нейронних ансамблів і подальше відтворення. Центральну роль у формуванні епізодичної та просторової пам'яті відіграє гіпокамп, функціональна організація якого забезпечує послідовну обробку інформації в межах енторинально-гіпокампального контуру. Особливе значення мають поля CA3 і CA1, пов'язані колатералями Шаффера, а також зубчаста звивина, яка бере участь у розділенні схожих інформаційних патернів. На клітинному рівні одним із основних механізмів консолідації є довготривала потенціація (LTP), що забезпечує стійке посилення синаптичної передачі. В її основі лежить активація AMPA- та NMDA-рецепторів, надходження $Ca^{2+}$ у постсинаптичний нейрон, активація CaMKII, PKA та MAPK/ERK, а також подальша активація транскрипційного фактора CREB. Важливу роль відіграють нейротрофічний фактор мозку (BDNF), локальний синтез білка, перебудова дендритних шипиків і формування стабільних нейронних ансамблів, тобто енграм пам'яті. Окремий

рівень консолідації забезпечується повторною реактивацією цих ансамблів під час сну, зокрема в межах коротких, потужних, електричних хвиль в гіпокампі мозку( sharp-wave ripples). Таким чином, довготривала пам'ять є результатом інтеграції молекулярних, синаптичних і мережевих механізмів.

**Результати дослідження і їх обговорення.** Пам'ять є однією з найскладніших функцій нервової системи, завдяки якій організм здатний зберігати інформацію про попередній досвід та використовувати її для формування майбутньої поведінки. На відміну від простого тимчасового збереження інформації, довготривала пам'ять передбачає стійкі зміни функціонування нейронних мереж. Такі зміни формуються поступово та включають взаємодію електричної активності нейронів, молекулярних сигнальних каскадів, експресії генів, синтезу білків і структурної перебудови синапсів. Одним із ключових процесів, необхідних для формування довготривалої пам'яті, є консолідація. Тобто перехід нестабільного, короткочасного сліду пам'яті у відносно стабільний стан. Сучасні уявлення дозволяють виділити щонайменше два взаємопов'язані рівні цього процесу: синаптичну консолідацію, яка відбувається переважно протягом від декількох хвилин до годин, після навчання, та системну консолідацію, яка може тривати значно довше та пов'язана з перебудовою взаємодії між гіпокампом та кірковими структурами. Особливе значення в цих процесах має гіпокамп. Він не є ізольованим «центром пам'яті», а являє собою складну нейронну мережу, яка взаємодіє з енторинальною корою та неокортексом. Гіпокамп забезпечує формування нових епізодичних і просторових спогадів, зв'язування інформації з контекстом, та її подальшу стабілізацію. Вивчення молекулярно-клітинних механізмів консолідації пам'яті має фундаментальне значення для розуміння роботи центральної нервової системи. Крім того, порушення цих механізмів лежить в основі багатьох когнітивних розладів, зокрема тих, що спостерігаються при нейродегенеративних захворюваннях. Тому розуміння фізіологічних механізмів консолідації є необхідною передумовою для подальшого аналізу патології пам'яті.

Гіпокамп як структурно-функціональна основа пам'яті розташований у медіальній скроневій частці головного мозку, та входить до складу гіпокампальної формації, яка включає зубчасту звивину, поля CA1, CA3 та субікулум. Його функціонування тісно пов'язане з енторинальною корою, яка є основним інтерфейсом між гіпокампом та асоціативними ділянками неокортексу. Класичний три-синаптичний контур гіпокампа включає послідовну передачу інформації від енторинальної кори у напрямку зубчастої звивини, CA3, CA1, субікулума на коркові структури. Водночас існує прямий шлях від енторинальної кори до CA1, що дозволяє цій структурі інтегрувати інформацію різного походження.

Зубчаста звивина відіграє важливу роль у процесі розділення схожих інформаційних патернів (pattern separation) . Завдяки цьому мозок здатен відрізняти подібні події, навіть якщо вони відбуваються в близьких умовах.

Наприклад, два схожі приміщення або два епізоди, що відбувалися в одному місці, можуть формувати різні нейронні представлення. Поле CA3 характеризується великою кількістю рекурентних зв'язків між пірамідними нейронами. Така організація дозволяє йому функціонувати як автоасоціативна мережа. Якщо під час відтворення пам'яті доступна лише частина інформації, активність CA3 може сприяти відновленню повного нейронного патерну. CA1 отримує інформацію від CA3 через колатералі Шаффера та одночасно безпосередньо від енторинальної кори. Таким чином, CA1 інтегрує інформацію, що пройшла внутрішньогіпокампальну обробку, з інформацією безпосередньо від кіркових мереж. Крім того, CA1 є одним із основних вихідних вузлів гіпокампа. Така організація має важливе функціональне значення. Порушення окремої ланки гіпокампального контуру може впливати не тільки на локальну передачу сигналу, але й на здатність усієї системи формувати та стабілізувати пам'ятевий слід.

Ключовою властивістю нервової системи, що забезпечує навчання і пам'ять, є синаптична пластичність, тобто здатність синапсів змінювати ефективність передачі сигналу залежно від попередньої активності. Відомо що однією з найбільш досліджених моделей синаптичної пластичності є довготривала потенціація (LTP). Яка характеризується тривалим збільшенням ефективності синаптичної передачі після певного типу стимуляції. Характерним є те що особливо добре ці механізми вивчені в синапсах CA3 та CA1 гіпокампа. Передача сигналу в цих синапсах переважно здійснюється за допомогою глутамату. Він вивільняється з пресинаптичного закінчення та взаємодіє з іонотропними AMPA- та NMDA-рецепторами постсинаптичної мембрани. Активація AMPA-рецепторів спричиняє швидкий вхід $Na^+$ у постсинаптичний нейрон, що призводить до його деполяризації постсираптичної мембрани. У стані спокою NMDA-рецепторний канал частково заблокований іонами $Mg^{2+}$. При достатній деполяризації магнієвий блок усувається, після чого NMDA-рецептори стають проникними для іонів $Ca^{2+}$. Тобто саме надходження кальцію через NMDA-рецептори є критичним сигналом для запуску внутрішньоклітинного каскаду LTP. Підвищення концентрації $Ca^{2+}$, активує кальцій- і кальмодулінзалежну протеїнкіназу II (CaMKII), протеїнкіназу C та інші кальційзалежні сигнальні молекули. CaMKII є одним із ключових ферментів ранньої фази LTP. Сприяє фосфорилюванню компонентів постсинаптичного апарату та збільшенню кількості функціональних AMPA-рецепторів на поверхні нейрона. Унаслідок цього при повторній стимуляції той самий пресинаптичний сигнал викликає сильнішу постсинаптичну відповідь. Таким чином, основну послідовність ранньої фази LTP можна представити як механізм який дозволяє швидко змінювати функціональну силу синапсу. Однак для формування тривалої пам'яті цього недостатньо.

Якщо синаптичні зміни мають зберігатися протягом днів, місяців або навіть років, вони повинні бути стабілізовані. Перехід від короткочасної до довготривалої пластичності пов'язаний із активацією внутрішньоклітинних

сигнальних каскадів та експресією специфічних генів. Підвищення концентрації $Ca^{2+}$ після активації NMDA-рецепторів запускає не лише CaMKII, але й інші сигнальні шляхи, зокрема ключові внутрішньоклітинні біохімічні системи передачі сигналу такі як протеїнкіназа А (PKA) та мітоген-активований протеїнкіназний сигнальний шлях (MAPK/ERK). Ці каскади взаємодіють із транскрипційними факторами, найважливішим серед яких є клітинний фактор транскрипції (CREB). Фосфорилювання CREB сприяє його активації та зв'язуванню з регуляторними ділянками ДНК. Унаслідок цього посилюється транскрипція генів, продукти яких необхідні для довготривалої стабілізації синаптичних змін. Отже, для переходу від ранньої до пізньої фази LTP необхідна принципово інша форма регуляції. Це пояснює, чому блокування синтезу білка після навчання може перешкоджати формуванню довготривалих спогадів, хоча короткочасне запам'ятовування при цьому може залишатися відносно збереженим.

Важливим компонентом молекулярних механізмів пам'яті є нейротрофічний фактор мозку (BDNF), який бере участь у регуляції виживання нейронів, розвитку та підтриманні синапсів, рості дендритних шипиків і формуванні синаптичної пластичності. Його ефекти реалізуються переважно через рецептор TrkB. Активація TrkB запускає декілька внутрішньоклітинних сигнальних шляхів, серед яких MAPK/ERK, та фосфоінозитид-3-кіназа (PI3K)/протеїнкіназа B (Akt) та фосфоліпаза Cγ (PLCγ). Таким чином, BDNF пов'язує активність нейрона з довготривалими структурними змінами синапсів. Важливою є функціональна взаємодія між BDNF та CREB. Активація CREB сприяє експресії генів, пов'язаних із нейротрофічною підтримкою, а BDNF, у свою чергу, посилює сигнальні процеси, необхідні для синаптичної пластичності. Тому порушення BDNF-залежної сигналізації може негативно впливати на здатність нейронних мереж формувати стійкі сліди пам'яті.

Функціональне посилення синаптичної передачі при LTP супроводжується структурною перебудовою синапсів. Особливе значення мають дендритні шипики пірамідних нейронів гіпокампа. Саме в них локалізується значна частина постсинаптичних рецепторів та білків, необхідних для передачі сигналу. Після навчання можуть відбуватися зміни кількості, розміру та форми дендритних шипиків. Частина нових синаптичних контактів стабілізується, тоді як інші зникають. Така перебудова дозволяє нейронній мережі фізично змінювати структуру відповідно до отриманого досвіду. Важливим механізмом є локальний синтез білка в дендритах. Він забезпечує можливість окремому активованому синапсу використовувати необхідні білки для власної стабілізації. Данний механізм лежить в основі концепції синаптичного маркування активованого синапсу. Під час навчання певні синапси отримують функціональну мітку, яка робить їх здатними використовувати білки, синтезовані після активації нейрона. У результаті саме ті синаптичні контакти, які були залучені до формування конкретного досвіду, отримують перевагу для довготривалої стабілізації. Отже, пам'ять не є виключно функціональним

явищем. Її довготривале збереження передбачає структурну перебудову нейронних мереж.

Сучасні дослідження значну увагу приділяють поняттю енграм пам'яті. Енграмою називають нейронний ансамбль, який був активований під час певного досвіду та зберігає функціональні й молекулярні характеристики, пов'язані з цим досвідом. Під час навчання активується певна популяція нейронів. Частина цих клітин згодом демонструє підвищену ймовірність повторної активації при відтворенні відповідного спогаду. Водночас енграма не є статичною групою нейронів. Її структура та функціональна організація можуть змінюватися в процесі консолідації, а сам слід пам'яті поступово вмикається до більш широких мереж головного мозку. Формування енграми можна умовно представити у вигляді такої послідовності: досвід, активація нейронного ансамблю, синаптична пластичність, експресія генів, синтез білків, структурна стабілізація, повторна ре активація та довготривалий слід пам'яті. Ця концепція дозволяє поєднати молекулярний та системний рівні дослідження пам'яті.

Стабілізація пам'яті не завершується після формування стійких синаптичних змін. Наступним рівнем є системна консолідація, під час якої змінюється взаємодія між гіпокампом і неокортексом. Після навчання нейронні ансамблі, які були активовані під час отримання інформації, можуть повторно активуватися в періоди спокою та сну. Особливе значення в цьому процесі мають короткочасні високочастотні патерни коливання (SWR) гіпокампу. Під час SWR можуть відтворюватися послідовності нейронної активності, які нагадують ті, що виникали під час попереднього досвіду. Це явище називають нейронною реактивацією. Особливо важливою є координація SWR з іншими ритмами мозку — повільними кірковими осциляціями та веретенами сну. Така синхронізація створює умови для взаємодії гіпокампальних і кіркових ансамблів. Сон, таким чином, не є пасивним станом для пам'яті. Навпаки, під час сну відбувається активна переробка інформації, отриманої протягом попереднього періоду неспання. CA3 відіграє важливу роль у генерації та організації SWR завдяки своїм рекурентним зв'язкам, тоді як CA1 бере участь у передачі структурованого сигналу до інших відділів мозку. Отже, функціональна цілісність контуру CA3 та CA1 є важливою не лише для первинного кодування інформації, але й для подальшої консолідації пам'яті. Крім того функціональна взаємодія CA3 та CA1 дозволяє об'єднати декілька механізмів пам'яті в єдину систему. CA3 завдяки рекурентним зв'язкам здатне формувати автоасоціативні представлення та здійснювати відновлення патерну. Це особливо важливо при відтворенні спогадів за неповною інформацією. А CA1, у свою чергу, інтегрує інформацію від CA3 та ентринальної кори. Це дозволяє порівнювати внутрішньогіпокампальне представлення з поточним кірковим сигналом. Синапс CA3-CA1 є однією з найбільш досліджених моделей NMDA-залежної LTP. Саме тут можна простежити повний молекулярний ланцюг від вивільнення глутамату до структурної перебудови синапсу. Тому CA3-CA1 контур можна розглядати як функціональний міст між кодуванням, пластичністю,

стабілізацією та відтворенням пам’яті. Водночас його функціонування залежить від роботи всього гіпокампального контуру. Енторинальна кора забезпечує надходження кіркової інформації, зубчаста звивина сприяє відновлення патерну, CA3 формує асоціативне представлення, а CA1 інтегрує та передає оброблену інформацію далі.

Процеси старіння супроводжуються поступовими змінами молекулярних і клітинних механізмів синаптичної пластичності. У гіпокампі можуть спостерігатися зміни кальцієвого гомеостазу, зниження ефективності LTP, зміни функції NMDA- та AMPA-рецепторів, зменшення нейротрофічної підтримки, порушення мітохондріального метаболізму та зміни структури дендритних шипиків. Особливо важливим є порушення здатності нейронів точно регулювати внутрішньоклітинну концентрацію $Ca^{2+}$. Надлишковий кальцієвий сигнал може активувати патологічні каскади, тоді як недостатній, навпаки, перешкоджати нормальному формуванню LTP. Водночас фізіологічне старіння необхідно відрізняти від нейродегенеративного процесу. За нормального старіння компенсаторні механізми можуть тривалий час підтримувати когнітивну функцію. При нейродегенеративних захворюваннях до вікових змін приєднуються патологічні фактори такі як накопичення неправильно структурованих білків, нейрозапалення, оксидативний стрес, порушення енергетичного метаболізму та втрата синаптичних контактів. Що створює умови, за яких фізіологічні механізми пластичності поступово стають недостатніми для підтримання нормального функціонування пам’яті.

Узагальнюючи сучасні уявлення, механізм синаптичної консолідації можна представити як послідовний молекулярно-клітинний каскад. Спочатку сенсорний або когнітивний досвід спричиняє специфічну активацію нейронного ансамблю. Глутамат, що вивільняється пресинаптичними закінченнями, активує AMPA-рецептори та викликає деполяризацію постсинаптичної мембрани. Деполяризація усуває $Mg^{2+}$-блок NMDA-рецепторів, що забезпечує надходження $Ca^{2+}$ у клітину. Далі $Ca^{2+}$ активує CaMKII, PKA, PKC та MAPK/ERK. Ці сигнальні шляхи забезпечують як швидкі функціональні зміни синапсу, так і активацію транскрипційних механізмів. Через CREB змінюється експресія генів, необхідних для довготривалої пластичності. Синтезовані білки сприяють підтриманню синаптичних змін, функціонуванню рецепторних комплексів, перебудові цитоскелета та структурній стабілізації дендритних шипиків. Паралельно активується BDNF/TrkB-сигналізація, яка підтримує пластичність і структурну перебудову. На рівні нейронної мережі активовані клітини формують енграму, яка в подальшому може реактивуватися під час відпочинку та сну. Таким чином цей каскад демонструє, наскільки тісно пов’язані молекулярний, клітинний та системний рівні формування пам’яті.

Порушення пам’яті при нейродегенеративних процесах можна краще зрозуміти, якщо розглядати їх як послідовне порушення нормального механізму консолідації. Якщо порушується глутаматергічна передача, нейрон може втрачати здатність ефективно активувати NMDA-залежну пластичність. Якщо

порушується кальцієвий гомеостаз, сигнал NMDA-рецептора стає надмірним або недостатнім. Якщо страждають CaMKII, PKA, MAPK/ERK або CREB, короткочасна синаптична зміна може не перейти у стабільний стан. Порушення синтезу білка або BDNF-залежної сигналізації перешкоджає структурній стабілізації синапсу. Втрата дендритних шипиків безпосередньо зменшує кількість функціональних контактів між нейронами. На мережевому рівні порушення синхронізації може перешкоджати правильній реактивації енграм та роботі механізмів системної консолідації. Отже, когнітивний дефіцит може виникати задовго до масової загибелі нейронів. Навіть рання синаптична дисфункція здатна суттєво порушити здатність гіпокампа формувати та стабілізувати нову інформацію. Саме тому дослідження механізмів синаптичної пластичності має принципове значення для розуміння не тільки нормальної пам'яті, а й патологічних станів, при яких вона поступово втрачається.

**Висновки.** Консолідація пам'яті є складним багаторівневим процесом, у якому поєднуються молекулярні, клітинні, синаптичні та системні механізми. Центральне місце в ньому посідає гіпокамп, який забезпечує формування нових епізодичних і просторових представлень та їх подальшу стабілізацію. Важливу роль відіграє організація ентринально-гіпокампального контуру. Клітинною основою консолідації значною мірою є довготривала потенціація. Її індукція передбачає активацію AMPA- і NMDA-рецепторів, надходження $Ca^{2+}$ та активацію CaMKII. Для довготривалої стабілізації необхідні PKA, MAPK/ERK, CREB, BDNF, експресія генів і синтез нових білків. Важливою складовою довготривалої пам'яті є структурна перебудова синапсів, зокрема зміна морфології дендритних шипиків. Поєднання молекулярних та структурних змін сприяє формуванню енграм пам'яті. Таким чином, довготривала пам'ять не є результатом лише одного молекулярного механізму, а порушення будь-якої ланки потенційно може негативно впливати на процеси запам'ятовування. Особливо важливими є порушення синаптичної пластичності, кальцієвого гомеостазу, нейротрофічної підтримки, експресії генів, структурної стабільності синапсів та функціональної взаємодії CA3-CA1. Отже, сучасне розуміння пам'яті передбачає її розгляд як динамічного процесу, який постійно підтримується взаємодією молекул, синапсів, нейронних ансамблів та мозкових мереж. Саме така концепція створює основу для подальшого вивчення механізмів порушення пам'яті при нейродегенеративних захворюваннях та пошуку способів їх корекції.

## Список використаних джерел

1. Wang H., Hu Y., Tsien J. Z. Molecular and systems mechanisms of memory consolidation and storage. Progress in Neurobiology. 2006;79(3):123–135.
2. Abel T., Nguyen P. V. Regulation of late-phase LTP and long-term memory in normal and aging hippocampus: role of secreted proteins tPA and BDNF. Learning & Memory. 2005.
3. Wang S. H., Morris R. G. M. Hippocampal-neocortical interactions in memory formation, consolidation, and reconsolidation. Annual Review of Psychology. 2010;61:49–79.

4. Alberini C. M. Molecular signatures and mechanisms of long-lasting memory consolidation and storage. Progress in Molecular Biology and Translational Science. 2013.
5. Oliveira A. M. M., et al. The molecular and cellular basis of memory engrams: mechanisms of synaptic and systems consolidation. Neurobiology of Learning and Memory. 2025.
6. Rolls E. T. Pattern separation, pattern completion, and categorisation in the hippocampus and neocortex. Neurobiology of Learning and Memory. 2016;129:4–15.
7. Leutgeb S., et al. Pattern separation, pattern completion, and new neuronal codes within a continuous CA3 map. Learning & Memory. 2007.
8. Buzsáki G. Hippocampal sharp wave-ripple: A cognitive biomarker for episodic memory and planning. Hippocampus. 2015;25(10):1073–1188.
9. Josselyn S. A., Tonegawa S. Memory engrams: Recalling the past and imagining the future. Science. 2020;367(6473):eaaw4325.
10. Kandel E. R., Dudai Y., Mayford M. The molecular and systems biology of memory. Cell. 2014;157(1):163–186.

# COMBINING HISTOLOGY, IMMUNOHISTOCHEMISTRY, AND DIGITAL MORPHOMETRY IN THE STUDY OF ORGANOGENESIS

**Chernikova Halyna**
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
Department of Histology, Cytology and Embryology
Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Abstract. The theses examine the modern possibilities of the integrated application of histological, immunohistochemical, and digital morphometric methods for the study of organogenesis. Combining the assessment of tissue architecture, cellular phenotype, and quantitative analysis of morphological parameters provides a more objective investigation of the patterns of organ development. Particular attention is paid to the digital analysis of histological and immunohistochemical images, automated morphometry, open-source software platforms, and the possibilities of 3D reconstruction.

**Keywords:** organogenesis, histology, immunohistochemistry (IHC), digital morphometry, digital pathology, morphogenesis, 3D reconstruction.

Introduction. The study of organogenesis requires a comprehensive assessment of structural, cellular, and molecular changes that occur sequentially during development. Classical histology provides characterization of tissue architecture, immunohistochemistry enables the identification of cellular phenotypes and the expression of specific proteins, while digital technologies offer opportunities for the

quantitative and automated analysis of morphological and immunohistochemical parameters [1,2].

**Aim of the study** — to analyze the modern possibilities of the integrated application of histological, immunohistochemical, and digital morphometric methods for investigating the patterns of organ and tissue development during ontogenesis.

**Objectives of the study:** to characterize the possibilities of digital analysis of histological and immunohistochemical specimens; to determine the advantages of automated morphometry for assessing morphogenetic changes; and to analyze the prospects of using digital atlases, open-source platforms, and 3D reconstruction in studies of organogenesis.

Results and Discussion. The transition from conventional light microscopy to digital histology is one of the important directions in the development of modern morphology. Digitization of histological specimens provides full-format images suitable for computer-based analysis, including cell and nuclear segmentation, assessment of their morphometric parameters, and quantitative analysis of staining [2,10]. At the same time, the quality of the results depends on the standardization of specimen preparation, scanning procedures, and parameters of the analytical algorithms [2,8].

Digital analysis is particularly important for the assessment of IHC reactions, as it allows staining characteristics to be converted into quantitative parameters and improves the objectivity of tissue biomarker assessment [8]. A comparative study of IHC staining in placental cells demonstrated almost perfect agreement between observers when ImageJ and QuPath were used, whereas assessment by light microscopy showed greater variability. The authors also emphasize the importance of correctly defining regions of interest, particularly when a specific cell type needs to be distinguished from other tissue structures [4].

For the morphology of organogenesis, it is important to combine the assessment of tissue architecture with the characterization of cellular phenotype. In the study of human prenatal lung development, histological analysis was complemented by immunohistochemical assessment of cellular components and evaluation of proliferation using Ki-67. This made it possible to identify differences in the proliferative activity of epithelial and mesenchymal cells depending on morphological changes in the lungs [5].

Another example of an integrated morphological approach is the study of the development of the organs of Zuckerkandl and the adrenal medulla in human embryos, prefetuses, and fetuses. The authors combined serial histological examination with IHC to characterize cellular populations and their differentiation at different stages of prenatal development [11]. Thus, the application of IHC in studies of organogenesis makes it possible to relate morphological changes to the dynamics of specific cellular phenotypes and differentiation processes [5,11].

Modern digital systems complement morphological analysis with automated segmentation and quantitative assessment of large image datasets. An example is FInCH, an open-source plugin for Fiji designed for the automated analysis of protein

expression and cell morphology while preserving their spatial position. In a study using this tool, more than six million cells were analyzed at different developmental stages, demonstrating its potential for large-scale investigation of morphogenetic processes [9].

Digital morphometry can also be applied to small organs. A study of the pineal gland demonstrated the possibility of quantitatively assessing the area and intensity of IHC staining using digital scanning, ImageJ, and MorphoRGB. The results obtained with different software approaches showed a high correlation, while digital analysis contributed to reducing subjectivity in IHC assessment [6].

An important direction is the standardization of digital IHC analysis. A study of placental tissue proposed a protocol for the qualitative and quantitative assessment of neurodevelopmental biomarkers using digital image analysis, standardized field selection, and evaluation of the reproducibility of the results [3].

Open-source software platforms also expand the accessibility of digital morphology. A 2025 systematic review demonstrated the widespread use of open-source tools in digital pathology for visualization, segmentation, quantitative analysis, and the application of machine-learning methods [1]. At the same time, the reliability of automated analysis requires appropriate validation and quality control throughout the entire workflow [2,8].

A promising direction for the study of organogenesis is the development of digital atlases. The Neuromorphological Atlas of Human Prenatal Brain Development systematizes data on the morphological features of the human brain at different stages of prenatal development and demonstrates the potential of combining serial histological material with digital visualization for the spatiotemporal analysis of brain structural development [13].

Quantitative assessment of embryonic organ growth involves the evaluation of morphogenetic parameters, including tissue volume, cell size, proliferation, and the contribution of individual cellular components to organ growth [12]. Further integration of these approaches with 3D reconstruction makes it possible to analyze the spatial organization of morphogenesis and quantitatively characterize complex changes in the shape and structure of organs [7,12].

Thus, the integration of classical histology, IHC, and digital morphometry provides a comprehensive approach to the study of organogenesis: histology characterizes tissue architecture, IHC determines cellular phenotype, and digital methods enable quantitative assessment and analysis of spatiotemporal changes [2,8,12].

Conclusions. The combination of histology, immunohistochemistry, and digital morphometry provides a comprehensive assessment of tissue architecture, cellular phenotype, and quantitative parameters of development [2,6]; digital analysis of histological and immunohistochemical specimens reduces subjectivity in assessment, improves reproducibility, and expands the possibilities for quantitative analysis [3,8,9]; automated and open-source software solutions enable high-throughput investigation of cell morphology and protein marker expression at different stages of ontogenesis

[5,7,10]; and the integration of digital morphometry with 3D reconstruction and digital atlases represents a promising direction for studying the spatiotemporal organization of human morphogenesis [6,12,13].

## References

1. Ahmad, Z., Alzubaidi, M., Al-Thelaya, K., Calí, C., Boughorbel, S., Schneider, J., & Agus, M. (2025). Advancing open-source visual analytics in digital pathology: A systematic review of tools, trends, and clinical applications. Journal of Pathology Informatics, 18, 100454. https://doi.org/10.1016/j.jpi.2025.100454
2. Bankhead, P. (2022). Developing image analysis methods for digital pathology. The Journal of Pathology, 257(4), 391–402. https://doi.org/10.1002/path.5921
3. Camilo, C., Vieira, L. M., Gouveia, G. R., Torrezan, A. C., Peixoto, A., Euclydes, V., Francisco, R. P. V., Brentani, A., Felipe-Silva, A., & Brentani, H. (2025). Innovative approach for the qualitative–quantitative assessment of neurodevelopment biomarkers research in placenta tissue using immunohistochemistry digital image analysis. Biology Methods and Protocols, 10(1), bpaf056. https://doi.org/10.1093/biomethods/bpaf056
4. Cizkova, K., Foltynkova, T., Gachechiladze, M., & Tauber, Z. (2021). Comparative analysis of immunohistochemical staining intensity determined by light microscopy, ImageJ and QuPath in placental Hofbauer cells. Acta Histochemica et Cytochemica, 54(1), 21–29. https://doi.org/10.1267/ahc.20-00032
5. Danopoulos, S., Bhattacharya, S., Deutsch, G., Nih, L. R., Slaunwhite, C., Mariani, T. J., & Al Alam, D. (2021). Prenatal histological, cellular, and molecular anomalies in trisomy 21 lung. The Journal of Pathology, 255(1), 41–51. https://doi.org/10.1002/path.5735
6. Gheban, B.-A., Colosi, H. A., Gheban-Roșca, I.-A., Georgiu, C., Gheban, D., Crişan, D., & Crişan, M. (2022). Techniques for digital histological morphometry of the pineal gland. Acta Histochemica, 124(4), 151897. https://doi.org/10.1016/j.acthis.2022.151897
7. Hallgrimsson, B., Percival, C. J., Green, R., Young, N. M., Mio, W., & Marcucio, R. (2015). Morphometrics, 3D imaging, and craniofacial development. In Y. Chai (Ed.), Craniofacial development (Vol. 115, pp. 561–597). Academic Press. https://doi.org/10.1016/bs.ctdb.2015.09.003
8. Lara, H., Li, Z., Abels, E., Aeffner, F., Bui, M. M., ElGabry, E. A., Kozlowski, C., Montalto, M. C., Parwani, A. V., Zarella, M. D., Bowman, D., Rimm, D., & Pantanowitz, L. (2021). Quantitative image analysis for tissue biomarker use: A white paper from the Digital Pathology Association. Applied Immunohistochemistry & Molecular Morphology, 29 (7), 479–493. https://doi.org/10.1097/PAI.0000000000000930
9. Lee, C. A., Sánchez Moreno, C., & Badyaev, A. V. (2024). FInCH: FIJI plugin for automated and scalable whole-image analysis of protein expression and cell morphology. MethodsX, 13, 102855. https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102855

10. Nam, S., Chong, Y., Jung, C. K., Kwak, T.-Y., Lee, J. Y., Park, J., Rho, M. J., & Go, H. (2020). Introduction to digital pathology and computer-aided pathology. Journal of Pathology and Translational Medicine, 54(2), 125–134. https://doi.org/10.4132/jptm.2019.12.31
11. Otlyga, E., Otlyga, D., Junemann, O., Krivova, Y., Proshchina, A., Kharlamova, A., Gulimova, V. I., Sonin, G., & Saveliev, S. (2025). Developmental parallels between the human organs of Zuckerkandl and adrenal medulla. Life, 15(8), 1214. https://doi.org/10.3390/life15081214
12. Prakash, S., de Boer, B. A., Hagoort, J., Gunst, Q. D., Ruijter, J. M., & van den Hoff, M. J. B. (2019). Considerations for measurement of embryonic organ growth. The Anatomical Record, 302(1), 49–57. https://doi.org/10.1002/ar.23908
13. Proshchina, A., Kharlamova, A., Krivova, Y., Godovalova, O., Otlyga, D., Gulimova, V., Otlyga, E., Junemann, O., Sonin, G., & Saveliev, S. (2023). Neuromorphological atlas of human prenatal brain development: White paper. Life, 13(5), 1182. https://doi.org/10.3390/life13051182

# EARLY MORPHOGENESIS OF THE BRONCHIAL TREE AND PULMONARY VASCULATURE IN HUMANS

**Chernikova Halyna**
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
Department of Histology, Cytology and Embryology
Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Abstract. This study presents the results of a morphological investigation of the early stages of bronchial tree and pulmonary vascular development during the embryonic period of human ontogeny. Histological sections of human embryos with a crown-rump length (CRL) of 6.0–9.0 mm were examined. The spatial organization and subsequent branching of the bronchial buds, morphological characteristics of their epithelial lining, as well as the features of the surrounding mesenchyme and the distribution of blood vessels were assessed. In embryos with a CRL of 6.0–7.0 mm, paired bronchial buds with asymmetry in their size and spatial orientation were identified. In embryos with a CRL of 7.0–9.0 mm, further elongation and branching of the bronchial tubules were observed. The identified morphological changes were accompanied by remodeling of the surrounding mesenchyme and the presence of vascular structures. The findings indicate a progressive increase in the structural complexity of the bronchopulmonary system during the early stages of prenatal development.

Keywords: lungs, bronchial tree, bronchial buds, morphogenesis, embryonic period, mesenchyme, pulmonary vasculature, embryonic development.

Introduction. Lung development is a complex sequential process that begins with the formation of the respiratory diverticulum from the ventral wall of the foregut at

approximately the fourth week of human development. The primary lung buds subsequently give rise to the bronchial tree through sequential processes of growth, elongation, and branching of epithelial tubes [1,2]. This process, known as branching morphogenesis, ensures the formation of the complex spatial organization of the respiratory airways.

The morphogenesis of the bronchial tree occurs through close interaction between epithelial and mesenchymal components. The surrounding mesenchyme contributes to the regulation of epithelial bud growth and branching, while the interaction between these components determines the spatial organization of the developing bronchial tree [2,3]. Contemporary studies of the human embryonic lung demonstrate considerable cellular and spatial heterogeneity of the tissues already at early stages of development [3].

Concurrently with the formation of the bronchial tree, development of the pulmonary vascular component takes place. The airways and vascular network develop in parallel, and their spatial interaction is important for the subsequent formation of pulmonary architecture [5,6]. During early lung development, epithelial, mesenchymal, and endothelial components form a functionally interconnected system that contributes to the subsequent differentiation of the organ [3,5,6].

Despite considerable progress in the study of the molecular mechanisms underlying lung development, the morphological features of the early stages of human bronchial tree formation remain important for understanding the sequence of structural transformations. Of particular interest is the comparison of morphological changes in the bronchial buds with remodeling of the surrounding mesenchyme and the formation of the vascular component.

Aim and Objectives of the Study. **Aim of the study** — to establish the morphological features of bronchial tree formation and early branching, as well as changes in the surrounding mesenchyme and pulmonary vasculature during the embryonic period of human ontogeny.

**Objectives of the study:**

1. To determine the morphological organization of bronchial buds in human embryos with a CRL of 6.0–7.0 mm.
2. To characterize the direction of growth and spatial relationship between the right and left bronchial buds.
3. To establish the features of subsequent elongation and branching of the bronchial tubules in embryos with a CRL of 7.0–9.0 mm.
4. To characterize the morphological features of the epithelial lining of the bronchial tubules at the studied developmental stages.
5. To determine the features of the surrounding mesenchyme and the presence of blood vessels in the region of the bronchial buds.
6. To assess the morphological relationship between the development of the bronchial buds, the surrounding mesenchyme, and vascular structures during the embryonic period.

Results and Discussion. In human embryos with a CRL of 6.0–7.0 mm, paired bronchial buds corresponding to the early primordia of the right and left main bronchi were identified within the mesenchymal tissue surrounding the foregut. The right bud was slightly larger than the left. The left bud exhibited a more lateral direction of growth, whereas the right bud showed a direction closer to the longitudinal axis of the esophagus. The observed asymmetry in the spatial arrangement of the bronchial buds is consistent with current data on the developmental patterns of the right and left components of the human bronchial tree [1].

In embryos with a CRL of 7.0–9.0 mm, further branching and elongation of the bronchial buds were observed. The lumina of the bronchial tubules were slit-like or round-to-oval in shape. Their walls were lined with small, predominantly cuboidal cells arranged on a basement membrane. The observed morphological changes reflect the early stages of branching morphogenesis—the sequential formation and branching of epithelial tubes, which is essential for the development of the bronchial tree [1,2]. Studies of human embryos using three-dimensional reconstruction have also demonstrated the sequential formation and remodeling of bronchial branches throughout the embryonic period [1].

The bronchial buds were surrounded by mesenchymal tissue containing blood vessels. As the bronchial tubules developed, the surrounding mesenchyme became denser and underwent further differentiation. Current studies indicate that the mesenchymal component not only provides structural support for the epithelial buds but also actively participates in the regulation of their growth, branching, and differentiation [3–6]. In particular, mesenchymal progenitor cells have been shown to participate in the regulation of branching morphogenesis in the human lung [6].

Blood vessels were identified within the mesenchyme surrounding the bronchial buds. The observed spatial relationship between the bronchial and vascular structures is consistent with data on the parallel development of the airways and pulmonary vascular network [7]. The vascular component develops in close association with the bronchial tree, while interactions among epithelial, mesenchymal, and endothelial cells contribute to the formation of the spatial organization of the developing lung [3,7,8].

Thus, within the studied CRL range of 6.0–9.0 mm, progressive morphological complexity of the bronchial buds was observed, accompanied by changes in their spatial arrangement, further branching, remodeling of the surrounding mesenchyme, and the presence of vascular structures.

Conclusions:

1. During the embryonic period of human ontogeny, the formation of the bronchial tree is characterized by progressive structural complexity of the bronchial buds and their branching.

2. In embryos with a CRL of 6.0–7.0 mm, paired bronchial buds with an asymmetric spatial arrangement are identified, whereas in embryos with a CRL of 7.0–9.0 mm, their further elongation and branching occur.

3. The development of the bronchial buds occurs in close morphological association with the surrounding mesenchyme and vascular structures, providing a structural basis for the subsequent differentiation of the bronchopulmonary system.

## References

1. Fujii, S., Muranaka, T., Matsubayashi, J., Yamada, S., Yoneyama, A., & Takakuwa, T. (2021). Bronchial tree of the human embryo: Categorization of the branching mode as monopodial and dipodial. PLoS ONE, 16(1), e0245558. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245558
2. Varner, V. D., & Nelson, C. M. (2014). Cellular and physical mechanisms of branching morphogenesis. Development, 141(14), 2750–2759. https://doi.org/10.1242/dev.104794
3. Sountoulidis, A., Salas, S. M., Braun, E., Avenel, C., Bergenstråhle, J., Theelke, J., Vicari, M., Czarnewski, P., Liontos, A., Abalo, X., Andrusivová, Ž., Mirzazadeh, R., Asp, M., Li, X., Hu, L., Sariyar, S., Martinez Casals, A., Ayoglu, B., Firsova, A., … Samakovlis, C. (2023). A topographic atlas defines developmental origins of cell heterogeneity in the human embryonic lung. Nature Cell Biology, 25(2), 351–365. https://doi.org/10.1038/s41556-022-01064-x
4. Osborne, J. K., Kinney, M. A., Han, A., Akinnola, K. E., Yermalovich, A. V., Vo, L. T., Pearson, D. S., Sousa, P. M., Ratanasirintrawoot, S., Tsanov, K. M., Barragan, J., North, T. E., Metzger, R. J., & Daley, G. Q. (2021). Lin28 paralogs regulate lung branching morphogenesis. Cell Reports, 36(3), 109408. https://doi.org/10.1016/j.celrep.2021.109408
5. Belgacemi, R., Danopoulos, S., Deutsch, G., Glass, I., Dormoy, V., Bellusci, S., & Al Alam, D. (2022). Hedgehog signaling pathway orchestrates human lung branching morphogenesis. International Journal of Molecular Sciences, 23(9), 5265. https://doi.org/10.3390/ijms23095265
6. Danopoulos, S., Belgacemi, R., Hein, R. F. C., Miller, A. J., Deutsch, G. H., Glass, I., Spence, J. R., & Al Alam, D. (2023). FGF18 promotes human lung branching morphogenesis through regulating mesenchymal progenitor cells. American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology, 324(4), L433–L444. https://doi.org/10.1152/ajplung.00316.2022
7. Kina, Y. P., Khadim, A., Seeger, W., & El Agha, E. (2021). The lung vasculature: A driver or passenger in lung branching morphogenesis? Frontiers in Cell and Developmental Biology, 8, 623868. https://doi.org/10.3389/fcell.2020.623868
8. Hislop, A. A. (2002). Airway and blood vessel interaction during lung development. Journal of Anatomy, 201(4), 325–334. https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.2002.00097.x

# MORPHOGENESIS OF THE ALVEOLAR COMPARTMENT OF THE HUMAN LUNG DURING THE PRENATAL PERIOD OF ONTOGENESIS (LITERATURE REVIEW)

**Chernikova Halyna**
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
Department of Histology, Cytology and Embryology
Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

**Abstract.** This paper summarizes current data on the morphogenesis of the alveolar compartment of the human lung during the prenatal period of ontogenesis. The differentiation of distal epithelial cells into alveolar type I and type II cells, the formation of the alveolar–capillary complex, and the role of epithelial–mesenchymal interactions and WNT, FGF, BMP, and TGF-β signaling pathways are considered. It is shown that prenatal development establishes the structural basis of the alveolar compartment, whereas its further morphofunctional maturation continues after birth.

**Keywords:** human lung, alveolar compartment, prenatal development, lung morphogenesis, alveolar epithelium, alveolar cells, epithelial–mesenchymal interactions.

**Introduction.** The formation of the alveolar compartment is one of the most complex stages of human lung morphogenesis, as it involves the coordinated maturation of epithelial, mesenchymal, and vascular components of the future respiratory surface. In contrast to the conducting airways, which develop predominantly through sequential branching of epithelial buds, the development of the distal lung regions is accompanied by structural remodeling, epithelial differentiation, and the establishment of conditions required for gas exchange [1,2,10].

**Aim and objectives of the study.** To summarize current literature data on the patterns of morphogenesis of the alveolar compartment of the human lung during the prenatal period of ontogenesis and to characterize the major cellular and molecular mechanisms underlying its formation.

Results and Discussion. Human lung morphogenesis begins during the fourth week of embryonic development with the formation of the pulmonary bud from the ventral wall of the foregut. Subsequently, sequential branching of epithelial tubes occurs, forming the basis of the bronchial tree. At early developmental stages, the distal regions consist of populations of epithelial progenitor cells whose development and differentiation are largely determined by the local mesenchymal microenvironment [2,3,7].

Lung development is traditionally divided into the embryonic, pseudoglandular, canalicular, saccular, and alveolar stages; alveolarization begins toward the end of the prenatal period and continues after birth [1,2,10]. The formation of structures directly involved in gas exchange occurs most intensively during the canalicular and saccular

stages. During this period, the distal epithelial tubules gradually enlarge, their walls become thinner, and capillaries approach the epithelial layer. These changes establish the morphological prerequisites for the formation of a thin air–blood barrier [1,2,10].

Recent studies of human fetal tissue indicate that differentiation of the alveolar epithelium begins before completion of prenatal development. According to single-cell transcriptomic analyses, distal epithelial progenitor cells gradually acquire features of alveolar specialization, and from approximately the 15th post-conceptional week, cells within the distal epithelial buds begin to exhibit features indicative of alveolar lineage commitment [4,8]. At the same time, developmental cell trajectories remain plastic, indicating the potential for changes in differentiation pathways under the influence of the local microenvironment [5,6].

An important stage of morphogenesis is the differentiation of the alveolar epithelium into type I and type II cells. Type I alveolar cells are characterized by marked flattening and form the major surface for gas exchange, whereas type II alveolar cells have a cuboidal morphology and are specialized in the synthesis and secretion of surfactant [2,4,11]. The formation of these cell populations occurs gradually and is coordinated by complex interactions among transcription factors and signaling pathways [2,4,8,9].

The formation of type II alveolar cells is of particular importance because these cells are specialized in the synthesis and secretion of surfactant, which is essential for alveolar stability, and their development represents an important component of alveolar epithelial maturation. Studies of human fetal lungs have shown that distal progenitor cells acquire features of AT2 cells during prenatal development. Their differentiation depends on the spatial integration of WNT, FGF, BMP, and TGF-β signaling [4,8,9].

Epithelial–mesenchymal interactions play a significant role in the establishment of the alveolar phenotype. Mesenchymal cells located near the distal epithelial buds create a local signaling microenvironment required for maintaining the properties of progenitor cells and their subsequent differentiation. In particular, RSPO2-positive mesenchymal cells maintain WNT signaling activity in distal epithelial bud cells through the RSPO2–LGR5 axis, thereby supporting the maintenance of their multipotency [7]. Subsequent changes in this microenvironment create conditions for the transition of cells from a progenitor state toward alveolar differentiation.

WNT signaling is an important regulator of alveolar morphogenesis. WNT signals associated with differentiated fibroblasts have been shown to support the alveolar differentiation of epithelial cells, whereas myofibroblasts can produce the WNT signaling inhibitor NOTUM, thereby contributing to the spatial restriction of alveolar differentiation. The transcription factor NKX2.1 also plays an important role in this process and contributes to the determination of alveolar cell fate [8].

The interaction between BMP and TGF-β signaling is also important. Recent experimental data indicate that these signaling systems may exert opposing effects during the initial differentiation of the alveolar epithelium. Enhanced BMP signaling and inhibition of TGF-β signaling in an environment with high WNT and FGF activity promote the differentiation of progenitor cells toward an AT2 phenotype [9]. Thus, the

balance among different signaling inputs, rather than the action of a single factor, determines the differentiation trajectory of the distal epithelium.

The formation of the alveolar compartment is closely associated with the development of the microvascular network. During the canalicular and saccular stages, capillaries become increasingly closely apposed to the thin alveolar epithelium, contributing to the formation of the air–blood barrier. Subsequently, interactions between alveolar epithelial cells and endothelial and mesenchymal components ensure the structural organization of the respiratory surface [1,2,10].

Modern single-cell and spatial technologies have substantially expanded our understanding of prenatal lung morphogenesis. Analysis of more than 150,000 cells from human fetal lungs has provided detailed insights into the temporal dynamics and plasticity of epithelial populations [6]. Another large-scale study involving human lung tissue from 5 to 22 post-conceptional weeks demonstrated distinct proximal–distal gradients of differentiation and identified regulatory factors associated with the formation of different epithelial cell phenotypes [4].

At the same time, the formation of the alveolar compartment is not completed before birth. Alveolar formation and remodeling continue during the postnatal period, when further development of secondary septa, expansion of the gas-exchange surface area, and structural maturation of the alveolar–capillary complex take place [1,2,10]. Therefore, prenatal development should be regarded as the stage during which the basic structural organization of the future respiratory compartment is established, whereas its functional maturation continues after birth.

**Conclusions.** The morphogenesis of the human alveolar compartment is a multistep process that includes the differentiation of distal epithelial progenitor cells, formation of the alveolar epithelium, specialization of type I and type II alveolar cells, remodeling of the mesenchyme, and development of the microvascular network [1,2,4,7,10]. The most intensive morphological changes occur during the canalicular and saccular stages of prenatal development [1,2,10]. Current evidence indicates that alveolar differentiation is determined by complex interactions among WNT, FGF, BMP, and TGF-β signaling pathways, as well as epithelial–mesenchymal interactions [7–9]. The use of single-cell sequencing, spatial transcriptomics, and organoid models provides new insights into the cellular trajectories underlying alveolar compartment formation and opens new opportunities for investigating the mechanisms of abnormal lung development [4,6,8,12].

## References

1. Schittny, J. C. (2017). Development of the lung. Cell and Tissue Research, 367(3), 427–444. https://doi.org/10.1007/s00441-016-2545-0
2. Nikolić, M. Z., Sun, D., & Rawlins, E. L. (2018). Human lung development: Recent progress and new challenges. Development, 145(16), dev163485. https://doi.org/10.1242/dev.163485
3. Conway, R. F., Frum, T., Conchola, A. S., & Spence, J. R. (2020). Understanding human lung development through in vitro model systems. BioEssays, 42(6), e2000006. https://doi.org/10.1002/bies.202000006

4. He, P., Lim, K., Sun, D., et al. (2022). A human fetal lung cell atlas uncovers proximal-distal gradients of differentiation and key regulators of epithelial fates. Cell, 185(25), 4841–4860.e25. https://doi.org/10.1016/j.cell.2022.11.005
5. Hurley, K., Ding, J., Villacorta-Martin, C., et al. (2020). Reconstructed single-cell fate trajectories define lineage plasticity windows during differentiation of human PSC-derived distal lung progenitors. Cell Stem Cell, 26(4), 593–608.e8. https://doi.org/10.1016/j.stem.2019.12.009
6. Quach, H., Farrell, S., Wu, M. J. M., et al. (2024). Early human fetal lung atlas reveals the temporal dynamics of epithelial cell plasticity. Nature Communications, 15, 5898. https://doi.org/10.1038/s41467-024-50281-5
7. Hein, R. F. C., Wu, J. H., Holloway, E. M., et al. (2022). R-SPONDIN2+ mesenchymal cells form the bud tip progenitor niche during human lung development. Developmental Cell, 57(13), 1598–1614.e8. https://doi.org/10.1016/j.devcel.2022.05.010
8. Lim, K., Donovan, A. P. A., Tang, W., et al. (2023). Organoid modeling of human fetal lung alveolar development reveals mechanisms of cell fate patterning and neonatal respiratory disease. Cell Stem Cell, 30(1), 20–37.e9. https://doi.org/10.1016/j.stem.2022.11.013
9. Frum, T., Hsu, P. P., Hein, R. F. C., et al. (2023). Opposing roles for TGFβ- and BMP-signaling during nascent alveolar differentiation in the developing human lung. npj Regenerative Medicine, 8, 48. https://doi.org/10.1038/s41536-023-00325-z
10. Allen-Hyttinen, J., Yung, H., & Nikolić, M. Z. (2021). Lung development. In M. Z. Nikolić & B. L. M. Hogan (Eds.), Lung stem cells in development, health and disease (ERS Monograph, pp. 1–16). European Respiratory Society. https://doi.org/10.1183/2312508X.10008720
11. Li, Y., Prakash, Y. S., Tan, Q., & Tschumperlin, D. J. (2024). Defining signals that promote human alveolar type I differentiation. American Journal of Physiology-Lung Cellular and Molecular Physiology, 326(4), L409–L418. https://doi.org/10.1152/ajplung.00191.2023
12. Kim, S. K., Sung, E., & Lim, K. (2024). Recent advances and applications of human lung alveolar organoids. Molecules and Cells, 47, 100140. https://doi.org/10.1016/j.mocell.2024.100140

## Section: Military Affairs and National Security

# ТЕХНОЛОГІЯ МОБІЛЬНИХ БЕЗПРОВОДНИХ МЕРЕЖ MANET: ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

**Гальченко Світлана**
старший викладач
**Іващенко Євгеній Вікторович**
викладач
**Свечков Олексій Львович**
старший викладач
Кафедра радіотехнології
Військового інституту
Телекомунікації та інформатизації імені Героїв Крут

Стрімкий розвиток безпроводових технологій зв’язку та зростання потреби в оперативному розгортанні комунікаційних мереж в умовах відсутності стаціонарної інфраструктури обумовлюють актуальність дослідження технології MANET.

Технологія MANET (Mobile Ad hoc Network) – це децентралізована бездротова мережа, що здатна до самоорганізації та самовідновлення без використання, фіксованої інфраструктури (базової станції чи маршрутизатора). У ній кожен пристрій виступає одночасно і як користувач, і як ретранслятор сигналу для інших[1].

На відміну від традиційних мереж, що спираються на базові станції або точки доступу, мережі MANET формуються динамічне самими кінцевими пристроями, які виконують одночасно функції терміналів та ретрансляторів. Особливої актуальності технологія набуває в контексті сучасних викликів, пов’язаних із необхідністю забезпечення зв’язку в зонах бойових дій, під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, а також у складі систем Інтернету речей, де кількість автономних пристроїв постійно зростає. Водночас , динамічна топологія та децентралізована архітектура мереж MANET породжують низку технічних проблем, розв’язання яких є предметом активних наукових досліджень.

Мережа MANET являє собою сукупність мобільних вузлів, з’єднаних безпроводовими каналами зв’язку, що самоорганізується без участі централізованого керуючого елемента. Кожен вузол мережі виконує подвійну функцію: є кінцевим джерелом або споживачем інформації може суттєво перевищувати радіус дії окремого передавача. Вузли (смартфони, радіостанції, сенсори) можуть вільно пересуватися, тому зв'язок між ними постійно змінюється. Мережа автоматично перераховує маршрути доставки даних[2]. Не має єдиного «головного» вузла або сервера. Якщо один з пристроїв виходить з

ладу або віддаляється, інші знаходять обхідний шлях для передачі пакетів. Якщо два пристрої знаходяться далеко один від одного, сигнал передається через інші пристрої (вузли), що знаходяться між ними. Зазначені особливості визначають специфічні вимоги до протоколів маршрутизації, які мають забезпечувати адаптацію до змін топології в режимі реального часу за мінімальних витрат обчислювальних та енергетичних ресурсів.

Протоколи маршрутизації мереж MANET прийнято поділяти на три основні групи залежно від принципу формування та підтримки таблиць маршрутів: проактивні, реактивні та гібридні[3].

Проактивні (table-driven) протоколи маршрутизації передбачають постійне підтримання актуальних таблиць маршрутів до всіх вузлів мережі незалежно від наявності потреби в передачі даних. До найпоширеніших протоколів цієї групи належать OLSR (Optimized Link State Routing) та DSDV (Destination-Sequenced Distance-Vector). Перевагою проактивних протоколів є мінімальна затримка під час встановлення з'єднання, оскільки маршрут вже відомий на момент виникнення потреби в передачі[3]. Водночас істотним недоліком є значне навантаження на канал зв'язку, спричинене регулярним оновленням службової інформації, що особливо критично за високої мобільності вузлів.

Реактивні (on-demand) протоколи, на відміну від проактивних, здійснюють пошук маршруту лише в момент виникнення потреби в передачі даних. До типових представників цієї групи належать AODV (Ad hoc On-Demand Distance Vector) та DSR (Dynamic Source Routing). Такий підхід дозволяє суттєво знизити службове навантаження на мережу в стані спокою, проте супроводжується додатковою затримкою на етапі встановлення маршруту та потребує механізмів кешування й повторного пошуку у разі розриву з'єднання.

Гібридні протоколи маршрутизації поєднують переваги проактивного та реактивного підходів, застосовуючи проактивну стратегію в межах локальної зони вузла та реактивну – для віддалених ділянок мережі. Прикладом такого протоколу є ZRP (Zone Routing Protocol), який дозволяє знайти оптимальний баланс між швидкістю встановлення маршруту та обсягом службового трафіку.

Базова концепція саморганізованих мереж отримала розвиток у вигляді низки спеціалізованих технологій, адаптованих до конкретних умов експлуатації.

VANET (Vehicular Ad hoc NETwork) – мережа, вузлами якої є транспортні засоби та придорожня інфраструктура. Особливістю VANET є висока швидкість переміщення вузлів та передбачуваний характер їх руху, що зумовлює специфічні вимоги до протоколів маршрутизації та забезпечення безпеки дорожнього руху[2].

FANET (Flying Ad hoc NETwork) – мережа, утворена безпілотними літальними апаратами. Тривимірний характер переміщення вузлів та висока динаміка топології визначають підвищенні вимоги до швидкодії протоколів маршрутизації порівняно з класичними мережами MANET.

Безпроводові сенсорні мережі(Wireless Sensor Networks, WSN) характеризується великою кількістю малопотужних вузлів-датчиків із суттєво обмеженими енергетичними ресурсами, що зумовлює пріоритетність

енергоефективних алгоритмів маршрутизації над критерієм мінімізації затримки передач.

Незважаючи на значний потенціал технології, її практичне впровадження супроводжується низкою технічних проблем, що потребують подальшого вирішення. Обмежена пропускна здатність каналу зв'язку зумовлена необхідністю багатоетапної ретрансляції пакетів даних, унаслідок чого ефективна пропускна здатність зменшується пропорційне кількості проміжних вузлів на шляху передачі. Складність підтримки стабільної маршрутизації за умов високої мобільності вузлів вимагає застосування адаптивних алгоритмів, здатних оперативно реагувати на розриви з'єднань та змін топології мережі. Енергоспоживання є критичним фактором для автономних пристроїв із батарейним живленням, оскільки виконання функцій ретранслятора додатково навантажує обмежені енергетичні ресурси вузла. Питання інформаційної безпеки в мережах MANET ускладняються відкритою, децентралізованою архітектурою, що робить мережу вразливою до атак типу «чорна діра» ( black hole), «сіра діра» (grey hole), а також атак на протоколи маршрутизації.

Подальший розвиток технології MANET пов'язується з кількома ключовими напрямами.

Інтеграція мереж MANET із мережами п'ятого та шостого поколінь мобільного зв'язку (5G/6G), що дозволить поєднати переваги централізованої та децентралізованої архітектур.

Перспективним є застосування методів машинного навчання та штучного інтелекту для прогнозування змін топології та оптимізації алгоритмів маршрутизації в режимі реального часу.

Актуальним залишається розроблення енергоефективних протоколів та вдосконалення механізмів забезпечення інформаційної безпеки, здатних протидіяти сучасним видам мережевих атак.

Технологія MANET є перспективним рішенням для побудови мереж зв'язку в умовах відсутності стаціонарної інфраструктури. Проведений аналіз засвідчив, що вибір протоколу маршрутизації безпосередньо впливає на ефективність функціонування мережі та має здійснюватися з урахуванням конкретних умов експлуатації – рівня мобільності вузлів, вимог до затримки передачі та обмежень енергоресурсів. Похідні технології VANET, FANET та WSN розширюють сферу застосування базової концепції MANET на транспортні системи, безпілотну авіацію та сенсорні мережі моніторингу відповідно. Розв'язання проблем пропускної здатності, енергоспоживання та інформаційної безпеки, а також інтеграція наступних поколінь і застосування машинного навчання визначають перспективними напрямками подальших досліджень у цій галузі.

## Список використаних джерел

1. Li B., Fei Z., Zhang Y. UAV Communications for 5G and Beyond: Recent Advance and Future Trends. IEEE Internet of Things Journal. 2019. Vol.6, №2. P.2241-2263.

2. Corson S., Macker J. Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations. RFC 2501, IETF, 1999
3. ТОВ «ДОЛЯ» Поєднання пристроїв за допомогою StreamLC. Сучасне рішення для захищеної передачі даних, розгортання віртуальних мереж та координації Push-to-Talk (PTT) викликів. 2025.

## Section: Pedagogy, Philology and Linguistics

# THE USE OF PHYSICAL AND ASTRONOMICAL VIEWS IN NASIRADDIN TUSI'S WORKS IN MODERN TEACHING

**Musayeva Gulshan Ali**
Doctor of Philosophy (PhD) in Pedagogy
Azerbaijan State Pedagogical University, Azerbaijan

**Abstract**

The main aim of this study is to investigate the possibilities of integrating the scientific theories proposed by the great Azerbaijani scholar Nasiraddin Tusi in the 13th century into the modern physics and astronomy curriculum. In particular, the study focuses on linking the "Tusi Lemma" model, spherical trigonometry, and Tusi's views on optics with relevant topics in secondary school textbooks. Historical-comparative analysis and interdisciplinary (STEAM) integration methods were employed in the research. The kinematic models presented in Tusi's works, such as Zij-i Ilkhani and Tadhkira, were compared with modern laws of mechanics, and ways of applying them within laboratory activities and project-based learning (PBL) were developed. It was determined that incorporating Tusi's scientific heritage into teaching facilitates students' understanding of abstract physical concepts such as relative motion, trajectory, and refraction of light. At the same time, this approach fosters respect for the national scientific heritage among the younger generation and stimulates interest in scientific research.

**Keywords:** Nasiraddin Tusi, Maragha Observatory, Tusi Lemma, physics education, astronomy, kinematics, STEAM.

**Introduction**

This topic is highly significant both in terms of preserving our national scientific heritage and making modern physics and astronomy lessons more interesting and relevant to students. Presenting the development of science chronologically and within a national context in modern physics and astronomy curricula plays a crucial role in developing students' scientific worldview [1]. Nasiraddin Tusi, one of the greatest representatives of 13th-century Azerbaijani science, made fundamental contributions not only to astronomy but also to mechanics, optics, and mathematical physics. His works, including Zij-i Ilkhani, Tahrir al-Majisti, and Tadhkira fi ilm al-hay'a, constitute a rich source for modern STEAM education.

1. Kinematic Models: The "Tusi Lemma" and "Relative Motion"

One of Tusi's most significant contributions to mechanics is the geometric-physical model known as the "Tusi Lemma." This model explains how circular motion can be transformed into linear oscillatory motion through the internal motion of two circles.

The physical essence of the model is that if a smaller circle with radius r rotates without slipping inside a larger circle with radius R, any point on the smaller circle moves back and forth along the diameter of the larger circle in harmonic oscillatory motion [2].

In teaching, this model can be effectively applied to the topics of "Mechanical Motion" in Grade 9 and "Oscillatory Motion" in Grade 11 to explain relative motion. Through this model, students can understand how complex trajectories can be represented as the sum of simpler motions, thereby introducing the concept of the principle of superposition.

2. The Maragha Observatory Established by Tusi

The Maragha Observatory (1259) was not merely a facility for observing celestial bodies; it also functioned as a laboratory for designing and improving measuring instruments [4].

**Measurement methods:** The instruments known as the Suds (sexagesimal instrument) and Rubu (quadrant), which were improved by Tusi and his team, increased the accuracy of angular measurements to the level of seconds.

As a laboratory activity, students can compare the operating principles of the instruments used at the Maragha Observatory with those of modern theodolites and sextants within the topic "Measurement Errors and Instrument Accuracy." As a practical assignment, students may also be asked to construct a simple astrolabe and use it to determine the local meridian.

3. Tusi's Analysis of Optical Phenomena

Tusi expressed important ideas concerning the nature of light and continued the optical tradition of Ibn al-Haytham. He explained the process of vision not as the emission of rays from the eye, but as the effect produced in the eye by light coming from objects. His works also contain ideas related to the refraction and reflection of light. Tusi conducted mathematical analyses concerning image formation in spherical mirrors and the refraction of light at the boundaries between different media [8].

In terms of teaching applications, examples based on Tusi's geometric methods can be introduced when calculating the focal length of spherical mirrors in the Grade 8 unit "Optical Phenomena." This can enhance the scientific depth of the lesson.

Tusi's scientific heritage provides unique opportunities for connecting physics with other disciplines:

1. Physics + Mathematics: Determining the coordinates of celestial bodies through spherical trigonometry.

2. Physics + History: Studying the Renaissance of science in the medieval East and its influence on European science, including the work of Copernicus.

3. Physics + Engineering: Modeling the mechanisms used at the observatory, including gears and levers.

**Conclusion**

Integrating Nasiraddin Tusi's scientific heritage into modern education helps students understand that physics is not merely a collection of "lifeless formulas," but a living scientific and cultural tradition that has developed over thousands of years. This approach also strengthens students' understanding of national identity by highlighting Azerbaijan's contributions to world science.

**References**

1. Nasiraddin Tusi. Tadhkira fi ilm al-hay'a (Memoir on the Science of Astronomy). Baku: Azerneshr, 2002.
2. Mammadbayli, H. J. Muhammad Nasiraddin Tusi. Baku: Ganjlik, 1980.
3. Guliyev, A. S. History and Methodology of Physics and Astronomy. Baku: Elm va Tehsil, 2015.
4. Arazov, T. M. The Role of the Maragha Observatory in the Development of World Science. Proceedings of ANAS, 4(2), 2018.
5. Safarova, R. Methodology for Integrating National and Spiritual Values into Educational Content. Baku: Mutarjim, 2014.
6. Saliba, G. A History of Arabic Astronomy: Planetary Theories During the Golden Age of Islam. New York University Press, 1994.
7. Veselovsky, I. N. Copernicus and Nasir al-Din al-Tusi. Journal for the History of Astronomy, 4(2), 1973.
8. Alizadeh, A. The Application of STEAM Technologies and Interdisciplinary Connections in Physics Lessons. Journal of Pedagogical Studies, 12(1), 2017.

# PROBLEM-BASED LEARNING AS AN EFFECTIVE METHOD OF TEACHING PHYSICS

**Jalilova Sevinj Khazay**
Doctor of Philosophy (PhD) in Pedagogy
Associate professor
Azerbaijan State Pedagogical University, Azerbaijan

**Abstract**

Problem-Based Learning (PBL) is an educational approach that places students at the center of the learning process. Instead of simply receiving theoretical information from a teacher, students are presented with problems that require investigation, reasoning, discussion, and practical application of knowledge. In physics education, PBL can be particularly effective because physics is closely connected with real-world phenomena and problem-solving. This article examines the role of Problem-Based Learning in teaching physics, its main principles, advantages, challenges, and practical applications in the classroom. The article argues that PBL can contribute to the development of students' conceptual understanding, critical thinking, problem-solving skills, collaboration, and interest in physics (Hmelo-Silver, 2004; Prince & Felder, 2006).

**Keywords:** Problem-Based Learning, physics education, teaching methods, problem-solving, critical thinking, student-centered learning, physics instruction.

**Introduction**

Physics is one of the fundamental sciences and plays an important role in understanding the natural world. However, many students consider physics difficult because it requires not only the memorization of formulas but also the ability to

understand concepts, analyze situations, and apply mathematical and logical reasoning. Traditional teaching methods may not always provide students with sufficient opportunities to develop these skills. Modern education increasingly emphasizes active and student-centered learning. One approach that supports these principles is Problem-Based Learning. PBL involves presenting students with meaningful problems and encouraging them to investigate possible solutions. The teacher acts primarily as a facilitator who guides students rather than providing all the answers (Barrows, 1986; Hmelo-Silver, 2004). n physics education, this approach can connect theoretical concepts with practical situations. For example, instead of beginning a lesson by presenting the laws of mechanics, a teacher might ask students why passengers move forward when a moving bus suddenly stops. Students can discuss possible explanations, identify what they need to learn, and use the laws of inertia to explain the phenomenon.

**The Concept of Problem-Based Learning**

Problem-Based Learning is an instructional approach in which learning is organized around problems rather than around the direct presentation of subject content. Students work individually or in groups to analyze a problem, identify relevant information, formulate hypotheses, investigate possible solutions, and evaluate their conclusions (Barrows & Tamblyn, 1980; Hmelo-Silver, 2004). An important characteristic of PBL is that the problem provides a meaningful context for acquiring new knowledge. Students therefore have a reason to investigate and learn rather than simply memorize information. This approach can promote independent learning and deeper understanding (Savin-Baden & Major, 2004). The teacher's role is different from that in traditional instruction. The teacher provides appropriate problems, asks guiding questions, monitors group work, gives feedback, and helps students reflect on their learning. Students, meanwhile, take greater responsibility for the learning process (Hmelo-Silver, 2004).

**Application of PBL in Physics Teaching**

Physics provides many opportunities for Problem-Based Learning because physical laws can be observed in everyday life. Problems can be based on motion, forces, energy, electricity, heat, optics, waves, and other areas of physics. For example, when teaching the topic of energy, students could be given the following problem: How can the energy consumption of a school building be reduced without reducing the comfort of students and teachers? To investigate the problem, students may need to study energy transfer, power, efficiency, heat loss, and electrical consumption. They can collect data, perform calculations, compare possible solutions, and present their recommendations. Another example can be found in mechanics. Students might be asked to determine why a particular vehicle requires a longer stopping distance at higher speeds. To solve the problem, they need to investigate the relationships between velocity, acceleration, friction, and kinetic energy. Such activities allow students to apply physical principles to unfamiliar situations and develop problem-solving abilities (Heller et al., 1992).

**Advantages of Problem-Based Learning**

One of the main advantages of PBL is the development of problem-solving skills. Students learn to identify relevant information, determine what they already know, recognize what they need to learn, and develop logical solutions (Hmelo-Silver, 2004). PBL can also promote critical thinking. Students are encouraged to question assumptions, compare explanations, interpret evidence, and justify their conclusions. These skills are important not only in physics but also in higher education and professional life (Prince & Felder, 2006). Another advantage is increased student engagement. Realistic and challenging problems can make physics more meaningful. Research in physics education has shown that interactive and active learning approaches can produce better learning outcomes than traditional lecture-based instruction (Hake, 1998). PBL also supports collaborative learning. Group activities require students to communicate ideas, listen to different perspectives, divide responsibilities, and reach conclusions together. Cooperative problem solving can help students develop both conceptual knowledge and communication skills (Heller et al., 1992). Furthermore, Problem-Based Learning can improve conceptual understanding. Rather than memorizing formulas without understanding their meaning, students apply physical principles in specific contexts. This can help them understand relationships between concepts and transfer their knowledge to unfamiliar situations (Redish, 2003).

**The Role of Experiments in Problem-Based Physics Learning**

Experiments can strengthen PBL because they allow students to test their ideas using empirical evidence. A problem can be presented first, followed by an experiment designed by students or guided by the teacher. For instance, students can investigate which factors affect the period of a simple pendulum. They may formulate hypotheses, design an experiment, measure the period for different lengths, organize the results, and analyze the relationship between the variables. The teacher can then help students connect their observations with the theoretical model. This approach encourages students to view physics as an experimental science rather than simply a collection of formulas. It also helps develop scientific reasoning and data-analysis skills (National Research Council, 2012).

**Challenges of Using PBL**

Despite its advantages, Problem-Based Learning can present certain challenges. First, it may require more classroom time than traditional instruction. Students need time to discuss problems, conduct investigations, and present their findings. Second, teachers need to carefully design appropriate problems. A problem that is too easy may not stimulate meaningful investigation, while a problem that is too difficult may frustrate students. The problem should correspond to students' age, prior knowledge, and level of scientific development (Savin-Baden & Major, 2004).

Another challenge is classroom management. Group activities can sometimes result in unequal participation. Teachers therefore need to establish clear roles, expectations, and assessment criteria. Finally, teachers may need additional professional development to use PBL effectively. Successful implementation requires

skills in designing open-ended problems, facilitating discussion, asking effective questions, and assessing both the learning process and the final result.

**Recommendations for Physics Teachers**

For effective implementation of PBL in physics lessons, teachers should begin with problems that are relevant to students' experiences. The problems should encourage investigation rather than require only one simple calculation. Teachers should also provide appropriate support. PBL does not mean that students must solve every problem without assistance. Guidance can be provided through questions, hints, examples, experimental materials, and additional resources (Hmelo-Silver, 2004). It is also useful to combine PBL with other instructional methods. A teacher may introduce a problem, allow students to investigate it, and then provide a short theoretical explanation to clarify the concepts discovered during the activity. Assessment should consider not only the final answer but also the students' reasoning, use of evidence, collaboration, and ability to explain their conclusions.

**Conclusion**

Problem-Based Learning is an effective approach that can enrich physics education by making students active participants in the learning process. It provides opportunities to connect theoretical concepts with real-world situations and promotes problem-solving, critical thinking, collaboration, scientific reasoning, and independent learning. Research on active and interactive approaches to physics education indicates that student-centered methods can improve learning compared with traditional approaches (Hake, 1998). When thoughtfully designed and combined with experiments, discussion, and direct instruction, Problem-Based Learning can help students develop a deeper understanding of physics and recognize its importance in everyday life and future professional activities.

**References**

1. Barrows, H. S. (1986). A taxonomy of problem-based learning methods. Medical Education, 20(6), 481–486.
2. Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. (1980). Problem-Based Learning: An Approach to Medical Education. Springer Publishing Company.
3. Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, 66(1), 64–74.
4. Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. American Journal of Physics, 60(7), 627–636.
5. Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? Educational Psychology Review, 16(3), 235–266.
6. National Research Council. (2012). A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. The National Academies Press.
7. Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. Journal of Engineering Education, 95(2), 123–138.

8. Redish, E. F. (2003). Teaching Physics with the Physics Suite. Wiley.
9. Savin-Baden, M., & Major, C. H. (2004). Foundations of Problem-Based Learning. Open University Press.

# ОСОБЛИВОСТІ МОТИВАЦІЇ ТА ВЗАЄМОДІЇ НАЙМОЛОДШИХ ПРАЦІВНИКІВ З ІНШИМИ ПОКОЛІННЯМИ

**Хмелькова Ольга**
докторка філософії (PhD)
Кафедра освітології та педагогічної інноватики
Університет Григорія Сковороди в Переяславі, Україна

**Анотація.** У статті аналізуються особливості мотивації наймолодших працівників та специфіка їхньої взаємодії з представниками інших поколінь у сучасному професійному середовищі. Досліджено основні чинники, що впливають на ставлення молодих працівників до своєї діяльності, серед яких визначаються потреби в професійному розвитку, самореалізації, визнанні, гнучкості умов праці, баланс між роботою та особистим життям, а також можливості швидкого кар'єрного зростання. Значна увага приділяється міжпоколіннєвій взаємодії, різницям у цінностях, професійних установках, стилях спілкування та очікуваннях щодо організації праці. Встановлено, що ефективність співпраці молодих працівників із представниками старших поколінь значною мірою залежить від рівня взаєморозуміння, готовності до обміну досвідом і толерантності до відмінностей, а також від наявності сприятливого психологічного клімату в колективі. Обґрунтовано необхідність впровадження сучасних підходів до мотивації та управління міжпоколіннєвою взаємодією, спрямованих на використання потенціалу працівників різного віку та формування ефективної командної атмосфери.

**Ключові слова:** наймолодші працівники (зумери), мотивація працівників, міжпоколіннєва взаємодія, покоління, професійна мотивація, трудова поведінка, професійний розвиток, цінності працівників, комунікація, психологічний клімат, командна взаємодія, управління персоналом.

**Введення.** Особливу увагу привертають наймолодші працівники, значну частину яких нині становлять представники покоління зумерів. Їхній вхід на ринок праці відбувається в умовах цифрової трансформації, поширення дистанційної та гібридної зайнятості, змін традиційних кар'єрних траєкторій та посиленої уваги до психологічного благополуччя співробітника. Дослідження ціннісних орієнтацій покоління зумерів у Чехії та Словаччині виявило, що серед провідних для цієї групи цінностей є доброзичливість, універсалізм, гедонізм та

самостійність, що має важливе значення для розуміння їхньої професійної поведінки [3].

Водночас сучасна наука ставить під сумнів спрощене тлумачення трудової поведінки виключно через приналежність до певного покоління. Велике міжнародне дослідження, яке охопило 584 217 осіб із 113 країн, показало, що мотивація до праці значною мірою визначається віком та історичним контекстом, тоді як поколіннєва класифікація пояснює значно меншу частину відмінностей [1].

Аналогічної думки дотримуються й сучасні вчені в галузі організаційної психології, які наголошують на потребі критично ставитись до поколіннєвих стереотипів та враховувати такі фактори, як життєвий етап, професійний досвід, соціальне оточення та організаційний контекст [2].

Проблема мотивації наймолодших працівників набуває особливої важливості через необхідність їхньої професійної адаптації, розвитку і утримання в організації. Сучасні дослідження мотивації покоління зумерів виділяють серед ключових мотиваторів визнання, позитивну оцінку, професійне благополуччя та розвиток компетентностей [4].

Не менш важливою є проблема взаємодії молодих працівників із представниками інших поколінь. Різниці у стилях комунікації, професійних очікуваннях, ставленні до кар'єри, організаційних нормах та авторитеті можуть спричиняти непорозуміння. Водночас міжпоколіннєва взаємодія може стати важливим ресурсом для організації, поєднуючи професійний досвід старших працівників із цифровими навичками, інноваційними ідеями та енергією молоді.

Отже, актуальність дослідження зумовлена потребою всебічного вивчення мотиваційних запитів наймолодших працівників та психологічних умов їхньої продуктивної взаємодії з представниками інших поколінь.

**Мета дослідження** – теоретично обґрунтувати особливості мотивації наймолодших працівників та з'ясувати специфіку їхньої взаємодії з представниками інших поколінь у сучасному професійному середовищі.

Для досягнення цієї мети визначено такі завдання дослідження: проаналізувати сучасні наукові підходи до вивчення професійної мотивації та міжпоколіннєвої взаємодії; визначити ключові мотиваційні чинники наймолодших працівників; охарактеризувати професійні цінності та очікування наймолодших працівників; дослідити особливості взаємодії наймолодших працівників з представниками інших поколінь; виявити основні психологічні бар'єри міжпоколіннєвої комунікації; охарактеризувати потенціал міжпоколіннєвої взаємодії як ресурсу професійного зростання; визначити психологічні умови ефективної мотивації та інтеграції наймолодших працівників у професійному середовищі.

**Об'єкт дослідження** – професійна мотивація та міжпоколіннєва взаємодія працівників.

**Предмет дослідження** – особливості мотивації наймолодших працівників та специфіка їхньої взаємодії з представниками інших поколінь.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Професійна мотивація є складною системою внутрішніх і зовнішніх чинників, що визначають спрямованість і інтенсивність трудової поведінки. У сучасних умовах мотивація співробітника виходить за межі лише матеріальної винагороди і включає можливості професійного зростання, автономію, визнання, смислову насиченість роботи, соціальну підтримку та психологічний комфорт.

Дослідження представників покоління зумерів підкреслюють важливість різних видів мотивації. Зокрема, серед значущих факторів називають визнання, позитивну оцінку, професійне благополуччя та розвиток навичок [4].

Дослідження ціннісних орієнтацій покоління зумерів у європейському контексті також зафіксували вагомість самостійності, гедонізму, універсалізму та доброзичливості. Автори вказують, що для молодих працівників важливими є гнучкі можливості професійного розвитку, наставництво та застосування сучасних форм організації робочого процесу [3].

Отже, систему мотивації наймолодших працівників доцільно розглядати як сукупність, що включає: матеріальну винагороду; професійний розвиток; можливість навчання; автономію; визнання професійних досягнень; регулярний зворотний зв'язок; перспективи кар'єрного росту; психологічну безпеку; баланс між роботою та особистим життям; відчуття значимості й смисловості роботи.

Порівняльні дослідження характеристик роботи представників поколінь Y та Z показали, що покоління зумерів має вищу потребу в отриманні зворотного зв'язку від інших людей і від самої роботи у порівнянні з поколінням Y [5]. Це дозволяє розглядати регулярний конструктивний фідбек як один із ключових інструментів професійної адаптації молодих працівників.

Професійні цінності визначають ставлення працівника до змісту діяльності, організаційного середовища, кар'єрного розвитку та взаємодії з колегами. Для наймолодших працівників характерне прагнення поєднати професійну самореалізацію із особистісним розвитком.

Водночас результати досліджень не підтверджують категоричного протиставлення молодих і старших працівників. Так, вивчення цінностей покоління зумерів у європейському середовищі виявило спільні з іншими поколіннями цінності доброзичливості та універсалізму [3].

Це свідчить про те, що поряд із міжпоколінними відмінностями існують і значні ціннісні перетини, які можуть служити підґрунтям для побудови командної єдності.

Важливого значення набуває професійна автономія, зокрема, молоді працівники прагнуть не лише виконувати завдання, а й розуміти їхню мету, пропонувати власні рішення та бачити результати своєї праці. Водночас автономність поєднується з потребою в підтримці та наставництві.

Отже, ефективна мотиваційна система повинна забезпечувати баланс між самостійністю працівника та доступністю професійної підтримки.

Міжпоколіннєва взаємодія в професійному середовищі – це процес комунікації, співпраці, обміну досвідом та спільного вирішення робочих завдань між співробітниками різних вікових груп.

Однією з проблем такої взаємодії є схильність до використання поколіннєвих стереотипів. Сучасні дослідження взаємодії представників поколінь Z, Y, X та бебі-бумерів показують, що стереотипи й метастереотипи можуть впливати на те, як працівники сприймають один одного та як будується їхня співпраця [6].

Наприклад, молодих працівників іноді можуть сприймати як недостатньо досвідчених, нетерплячих або орієнтованих на швидкий результат. У свою чергу, молодь може бачити старших колег як надмірно консервативних або менш гнучких.

Такі узагальнення становлять ризик, оскільки вони здатні породжувати упереджене ставлення ще до початку реальної професійної взаємодії.

Дослідники підкреслюють, що поколіннєві категорії не мають виступати єдиним пояснювальним критерієм професійної поведінки. Важливо враховувати вік, життєвий етап, професійний досвід та специфіку умов роботи [1; 2].

До ключових психологічних бар'єрів міжпоколіннєвої взаємодії належать:

Стереотипізація. Приписування працівникам певних якостей виключно на підставі віку чи покоління може породжувати упередження і послаблювати якість професійної комунікації [2; 6].

Відмінності в комунікації. Представники різних поколінь можуть віддавати перевагу різним каналам і стилям спілкування. Для молодих працівників цифрові засоби комунікації є природною частиною робочого процесу, тоді як старші співробітники можуть більше покладатися на особисті контакти.

Відмінності в ставленні до професійної ієрархії. Молоді працівники можуть очікувати більш партнерських відносин із керівництвом і можливості відкрито висловлювати свою позицію.

Відмінності в професійних очікуваннях. Наймолодші працівники часто прагнуть швидшого кар'єрного зростання та регулярного зворотного зв'язку, тоді як працівники з більшим досвідом можуть розраховувати на поступове просування.

Відмінності в ставленні до організації праці. Гнучкість, дистанційна робота та баланс між професійним і приватним життям можуть мати високе значення для молоді [3; 7].

Попри можливі складнощі, співпраця представників різних поколінь здатна стати важливим ресурсом для розвитку організації.

Старші працівники володіють значним професійним та життєвим досвідом, організаційною пам'яттю, практичними знаннями та відпрацьованими підходами до вирішення робочих проблем. Молоді працівники натомість приносять сучасні технологічні компетентності, інноваційні підходи, готовність до змін та нові форми організації діяльності.

Отже, ефективна міжпоколіннєва взаємодія має будуватися не на односторонньому передачі знань від старших до молодших, а на взаємному навчанню.

Дослідження покоління зумерів у європейському контексті серед практичних стратегій інтеграції відзначає гнучкість професійного розвитку, наставництво та використання інноваційних форм навчання [3].

Сучасні дослідження багатопоколіннєвої робочої сили також показують, що представники поколінь Y та Z мають спільні мотиваційні пріоритети – баланс роботи й життя, професійний розвиток та нематеріальні стимули, що дає змогу формувати спільні організаційні підходи [7].

Для забезпечення конструктивної взаємодії працівників різного віку доцільно створювати такі психологічні умови:

Взаємна повага – визнання професійної цінності співробітників незалежно від їхнього віку.

Психологічна безпека – можливість відкрито висловлювати думки й пропозиції без страху негативної оцінки.

Наставництво – організація систематичної передачі професійного досвіду.

Взаємне навчання – створення ситуацій, у яких працівники різного віку можуть вчитися один в одного.

Регулярний зворотний зв’язок – особливо важливий на початкових етапах професійного становлення [5].

Індивідуалізація мотивації – відмова від автоматичного визначення потреб працівника лише за його поколіннєвою ознакою.

Спільна діяльність – залучення представників різних поколінь до командних проєктів.

Протидія стереотипізації – формування культури, яка не допускає негативних узагальнень за віковою ознакою.

Особливо важливим є поєднання індивідуального та поколіннєвого підходів. Працівника слід розглядати не лише як представника певної вікової групи, а як особистість з власними професійними потребами, цінностями, досвідом та очікуваннями.

На підставі аналізу сучасних досліджень запропоновано такі напрями вдосконалення роботи з наймолодшими працівниками: створення прозорих можливостей професійного розвитку; регулярний конструктивний зворотний зв’язок; поєднання матеріальних і нематеріальних стимулів; розвиток наставництва; забезпечення можливостей для навчання; залучення молодих працівників до процесу прийняття рішень; підтримка професійної автономії; формування психологічно безпечного середовища; застосування гнучких форм організації праці там, де це доцільно; розвиток міжпоколіннєвих команд.

Водночас мотиваційні програми не повинні базуватися на принципі «одна модель для всього покоління». Сучасні дослідження переконливо показують необхідність врахування віку, професійного досвіду, життєвого етапу та індивідуальних характеристик працівника [1; 2].

Теоретичний аналіз дає підстави стверджувати, що мотивація наймолодших працівників є складним багатофакторним явищем, яке формує взаємодію матеріальних, професійних, соціальних та індивідуальних чинників. Для представників покоління зумерів важливими можуть бути професійний розвиток, автономія, визнання, позитивний зворотний зв'язок, психологічне благополуччя та змістовність роботи [3; 5].

Разом із тим поколіннєві відмінності не слід розглядати як універсальне пояснення професійної поведінки. Результати масштабних досліджень свідчать, що значна частина розбіжностей у трудовій мотивації може бути пов'язана з віком і історичним періодом, а не безпосередньо з належністю до певного покоління [1].

Міжпоколіннєва взаємодія може супроводжуватися стереотипізацією, різницями в комунікаційних підходах, очікуваннях щодо кар'єри та ставленні до організаційних норм. Однак за умов створення сприятливого психологічного середовища ці відмінності можуть перетворитися на ресурс організаційного розвитку [2; 6].

Отже, ефективна система мотивації наймолодших працівників має поєднувати матеріальні й нематеріальні стимули, забезпечувати можливості професійного розвитку, регулярний фідбек, автономію та психологічну підтримку. Водночас ефективна міжпоколіннєва взаємодія повинна базуватися на взаємній повазі, наставництві, взаємному навчанні та відмові від стереотипного оцінювання працівників за віком.

Перспективним напрямом подальших досліджень є емпіричне вивчення взаємозв'язку між мотиваційними чинниками наймолодших працівників, особливостями міжпоколіннєвої взаємодії, професійною адаптацією, задоволеністю роботою та наміром залишатися в організації.

## Список використаних джерел

1. Schröder M. (2024). Work Motivation Is Not Generational but Depends on Age and Period. Journal of Business and Psychology, Vol. 39, P. 897-908. DOI: https://doi.org/10.1007/s10869-023-09921-8.
2. Beyond labels: rethinking generation-based research and practice in the workplace. (2024). Strategic HR Review. Vol. 24(2), P. 64-68. DOI: https://doi.org/10.1108/SHR-08-2024-0063.
3. Dokoupilová L., Cogiel A., Fero M. (2024). Values as motivating factors for representatives of generation Z in the Czech Republic and Slovakia within the European context. Frontiers in Psychology, Vol. 15. DOI: https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1404354.
4. Factors Motivating Generation Z in the Workplace: Managerial Challenges and Insights. (2025). Administrative Sciences, Vol. 15(1), 29p. DOI: https://doi.org/10.3390/admsci15010029.
5. Plakhotnik M. S., Volkova N. V., Shahzad M. B. (2025). Investigating job characteristics of generations Y and Z: A latent profile analysis. Global Business and Organizational Excellence, Vol. 44, P. 24-37. DOI: https://doi.org/10.1002/joe.22270.

6. Watkins H. J., Omilion-Hodges L. M. (2025). Zooming in on Generational Differences: Exploring Intergenerational Employee Relationships and the Rise of Generation Z in the Workplace. Business and Professional Communication Quarterly. DOI: https://doi.org/10.1177/23294884251345809.
7. Salvadorinho J., Hines P., Kumar M., Ferreira C., Teixeira L. (2026). From Gen Z to Boomers: Motivational drivers shaping Industry 5.0 and the future of work. Futures, Vol. 175. DOI: https://doi.org/10.1016/j.futures.2025.103731.

# МНЕМОТЕХНІЧНІ ПРИЙОМИ У НАВЧАННІ ОСНОВ ГРАМОТИ ДІТЕЙ СТАРШОГО ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ

**Бах Ірина**
здобувачка вищої освіти магістерського рівня
спеціальність А2 «Дошкільна освіта»
Дрогобицький державний педагогічний університет
імені Івана Франка, Україна

**Анотація.** У тезах розглянуто можливості використання мнемотехнічних прийомів у навчанні основ грамоти дітей старшого дошкільного віку. Узагальнено українські й зарубіжні підходи до застосування асоціативних образів, мнемонічних зображень з інтегрованою графемою (embedded picture mnemonics), звуконаслідувальних і рухових опор у засвоєнні звуко-буквених відповідностей. Окреслено методичні вимоги до добору та поступового згортання мнемонічної підказки. Особливу увагу приділено способу, за якого графема інтегрується в картинку-асоціацію, а характерне звучання зображеного предмета, істоти чи дії актуалізує відповідний звук. Зазначено, що такі прийоми можуть підтримувати пізнавальний інтерес і створювати умови для прояву пізнавальної активності дошкільників.

**Ключові слова:** мнемотехніка, мнемотехнічні прийоми, основи грамоти, старший дошкільний вік, звуко-буквені відповідності, асоціативний образ, звуконаслідування.

Оволодіння основами грамоти в старшому дошкільному віці є складником мовленнєвого розвитку дитини й передбачає поступове формування уявлень про звукову та графічну системи мови. У змісті освітнього напряму «Мовлення дитини. Основи грамоти» Н. Гавриш акцентує на розвитку фонематичного сприймання, елементарного звукового аналізу та ознайомленні з буквами як знаками передавання звуків на письмі [1, с. 3]. Отже, одним із важливих завдань цього етапу є встановлення дитиною зв’язку між звуком мовлення та його графічним позначенням.

Засвоїти таку відповідність означає не лише запам’ятати зовнішній вигляд букви. Дитині потрібно співвіднести графічний знак із певним звуком, утримати цей зв’язок у пам’яті й надалі відтворювати його без підказки. Для підтримки

такого засвоєння в роботі з дошкільниками можуть використовуватися наочний образ, рух, звуконаслідування, ритм, коротка словесна формула. Саме тому в навчанні основ грамоти доцільно звертатися до прийомів, які пов'язують нову інформацію з уже знайомими дитині враженнями та діями. Мета тез полягає в характеристиці мнемотехнічних прийомів, доцільних для використання під час навчання основ грамоти дітей старшого дошкільного віку, окресленні особливостей їх застосування у засвоєнні звуко-буквених відповідностей та представленні способу побудови асоціативної опори, у якій графічна форма букви поєднується з образом, характерне звучання якого актуалізує відповідний звук.

Такі додаткові зв'язки цілеспрямовано створює мнемотехніка. Г. Чепурний розглядає її як технологію поліпшення засвоєння нової інформації через свідоме утворення асоціативних зв'язків [2, с. 10]. Для педагогічної практики важливим є те, що йдеться не про окрему «картинку для запам'ятовування», а про продуманий спосіб дії з навчальним матеріалом. У системі автора представлені римізація, аналогія, трансформація, піктограми, модальність, візуалізація, раціональне повторення, усвідомлення, практичне застосування та інші прийоми [2, с. 27–43, 89–103]. Частину з них можна безпосередньо адаптувати до ознайомлення дошкільників зі звуками та буквами.

В українській методичній літературі асоціативно-образний підхід до вивчення букв представлено, зокрема, у посібнику О. Пащенко. Авторка поєднує предметний образ із двома підказками: назва предмета актуалізує початковий звук, а графічно трансформоване зображення нагадує форму відповідної букви [3, с. 3–4]. Робота вибудовується послідовно: дитина розглядає й називає образ, звертає увагу на перший звук, знаходить у зображенні форму букви, знайомиться зі стандартною графемою, обводить її, моделює пальцями та закріплює за допомогою віршованої опори [3, с. 6–7]. Надалі напрям асоціації змінюється: за стандартною буквою дитина має самостійно пригадати пов'язаний із нею образ [3, с. 16]. Такий алгоритм показує, що асоціація може бути не лише способом першого знайомства з графемою, а й проміжною опорою, від якої поступово переходять до самостійного відтворення.

Перспективність візуально-образних мнемонічних засобів підтверджують і зарубіжні експериментальні дослідження. A. Shmidman і L. Ehri навчали дошкільників незнайомих звуко-буквених відповідностей за допомогою мнемонічних зображень з інтегрованою графемою (embedded picture mnemonics), у яких форма букви була включена в предметний образ. Порівняно з умовою, коли буква та малюнок подавалися окремо, інтегровані образи краще підтримували засвоєння й збереження звуко-буквених зв'язків [4, с. 159–182]. Для практики це важливо: чим тісніше образ пов'язаний із самою формою графеми, тим менше він сприймається як випадкова декоративна підказка.

Однак образ не повинен залишатися постійною умовою впізнавання букви. S. de Graaff, L. Verhoeven, A. M. T. Bosman і F. Hasselman досліджували використання інтегрованої картинної мнемоніки разом із поступовим

згортанням підказки (stimulus fading). За такої організації дитина переходила від образу до стандартної графеми, а продуктивне відтворення звуків букв виявилося кращим, ніж за постійної наявності картинки або навчання без неї [5, с. 519–539]. Подібний принцип переходу до стандартної букви простежується і в роботі E. Lozy, де згортання зображення здійснювали поетапно після досягнення стійкої правильності відповідей [7, с. 52–53]. Отже, мнемонічну підказку доцільно розуміти як тимчасову опору, а не як заміну самої графеми.

Окремий інтерес становлять звуконаслідувальні, або ономатопоетичні, асоціації. I. Sysoev, J. H. Gray, S. Fine та D. Roy розмежовують два способи побудови картинних мнемонік: за ребусним принципом (rebus principle) звук пригадується через слово, що починається з нього, а за ономатопоетичним принципом (onomatopoeic principle) – через предмет, істоту чи дію, які продукують або спричиняють відповідне звучання [6, с. 4]. У методичній розробці «Вчимо букви та звуки за картинками-асоціаціями» також використано принцип, за якого зображення має підказувати дитині насамперед звук [8, с. 6]. Це дає інший шлях до звуко-буквеної відповідності: дитині не обов’язково спочатку називати предмет, а потім виділяти перший звук у його назві; характерне звучання самого образу може одразу актуалізувати потрібний звук.

Мнемотехнічна підтримка може бути не лише зоровою. У дослідженні E. Lozy порівнювали традиційне тренування звуків букв, вбудовані зображення, кінестетичні рухи та поєднання картинки з рухом. У цій вибірці саме поєднання букви з рухом виявилося найрезультативнішим для засвоєння звуків букв, хоча перевага не переносилася однаково на всі показники підтримання й узагальнення [7, с. iv, 44, 50–53]. Для дошкільної практики це підкреслює цінність рухового компонента, але водночас застерігає від механічного накопичення підказок: більше каналів не завжди означає кращий результат. Доцільніше добирати ті способи, які справді допомагають дитині відновити потрібний звуко-буквений зв’язок.

У запропонованому авторкою підході асоціативний образ одночасно підтримує слухове й зорово-графічне впізнавання: форма графеми закладається в композицію картинки-асоціації, а не просто розміщується поруч із малюнком. Так, крила комарика нагадують букву З, а дзижчання «з-з-з» підказує відповідний звук; барабан із паличкою утворює образ, подібний до Б, і пов’язується з ритмічним «б-б-б»; молоток нагадує Т, а удари супроводжуються «т-т-т»; три змії складаються у форму Ш і шиплять «ш-ш-ш». У такій побудові один образ працює одразу у двох напрямах: його форма допомагає пригадати графему, а характерне звучання – звук. За потреби цю опору доповнюють коротким римованим текстом або рухом, але всі компоненти мають вести до тієї самої звуко-буквеної відповідності.

Для методично доцільного застосування такого прийому важливо, щоб асоціація була зрозумілою для дитини. Образ має бути знайомим і легко впізнаваним; його звучання – однозначно пов’язуватися з цільовим звуком; графічна подібність – бути достатньо виразною, щоб дошкільник міг самостійно

її помітити. Важливо також не обмежувати роботу пасивним розгляданням картки. Дитина має вимовити звук, пояснити, що саме його підказує, знайти форму букви в образі, відтворити її рухом, обведенням або моделюванням. Після первинного засвоєння обсяг допомоги поступово зменшується: спочатку зникають додаткові підказки, а далі дитина працює зі стандартною графемою без мнемообразу. Саме такий перехід відповідає логіці поступового згортання мнемонічної опори [5, с. 519–539].

Використання мнемотехнічних прийомів має бути органічно поєднане з іншими завданнями навчання основ грамоти – вправами на слухове розрізнення звуків, їх упізнавання й виокремлення у словах, установлення відповідності між звуком і буквою та поступовий перехід до елементарного звукового і звуко-буквеного аналізу. При цьому не кожна буква однаково легко піддається образній чи звуконаслідувальній інтерпретації, а надмірна кількість одночасних підказок може ускладнювати сприймання. Дослідження також показують, що різні діти неоднаково користуються мнемонічними опорами: I. Sysoev та співавтори зафіксували як дітей, яким ономатопоетичні персонажі допомагали швидше знаходити потрібні звуки, так і тих, хто краще працював зі звичайними буквами [6, с. 1, 3]. Тому мнемотехнічні прийоми доцільно застосовувати гнучко, з урахуванням реакції конкретної дитини.

Отже, у навчанні основ грамоти мнемотехнічні прийоми можуть виконувати роль зрозумілої для дошкільника проміжної опори між звуком і графемою. Перспективними є рішення, у яких звукова, візуальна, графічна, рухова та словесно-ритмічна підказки не існують окремо, а узгоджено підтримують одну й ту саму відповідність. Особливо перспективним видається спосіб, за якого графема інтегрується безпосередньо в картинку-асоціацію, а характерне звучання зображеного предмета, істоти чи дії допомагає пригадати відповідний звук. За умови доступності асоціації, активної участі дитини та поступового переходу до стандартної графеми такий спосіб може робити ознайомлення зі звуками й буквами більш осмисленим, діяльнісним та емоційно привабливим, підтримувати пізнавальний інтерес до опанування грамоти й створювати умови для прояву пізнавальної активності дошкільників.

## Список використаних джерел

1. Гавриш Н. В. Читання і письмо в дошкільному дитинстві: навчати чи ні? Дошкільне виховання. 2021. № 9. С. 3–6.
2. Чепурний Г. А. Освітня мнемотехніка : навчально-методичний посібник. 3-тє вид., оновл. зі змін. та доповн. Тернопіль : Мандрівець, 2020. 152 с.
3. Пащенко О. Л. Асоціативне вивчення букв з елементами ейдетики : креативна методика для роботи з дітьми від 2 до 6 років. Київ : Аконіт, 2007. 72 с.
4. Shmidman A., Ehri L. C. Embedded Picture Mnemonics to Learn Letters. Scientific Studies of Reading. 2010. Vol. 14, No. 2. P. 159–182. DOI: https://doi.org/10.1080/10888430903117492.
5. de Graaff S., Verhoeven L., Bosman A. M. T., Hasselman F. Integrated Pictorial Mnemonics and Stimulus Fading: Teaching Kindergartners Letter Sounds. British

Journal of Educational Psychology. 2007. Vol. 77, No. 3. P. 519–539. DOI: https://doi.org/10.1348/000709906X160011.
6. Sysoev I., Gray J. H., Fine S., Roy D. Designing Building Blocks for Open-Ended Early Literacy Software. International Journal of Child-Computer Interaction. 2021. Vol. 28. Article 100273. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100273.
7. Lozy E. The Effects of Paired Kinesthetic Movements and Embedded Pictures on Literacy Skills with Preschoolers : PhD dissertation. Louisiana State University, 2022. 77 p. URL: https://repository.lsu.edu/gradschool_dissertations/5878/ (дата звернення: 19.08.2026).
8. Бах І. Б. Вчимо букви та звуки за картинками-асоціаціями : неопублікована методична розробка. Дрогобич, 2024. 24 с. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 128733 від 31.07.2024.

**DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.010.212-218**

# МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ЯПОНСЬКОЇ МОВИ В УМОВАХ ВІДДАЛЕНОГО ТА КРИЗОВОГО НАВЧАННЯ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ УКРАЇНСЬКОГО, ЯПОНСЬКОГО ТА ІНДОНЕЗІЙСЬКОГО ДОСВІДУ

**Гілевич Аліна Василівна**
старший викладач
**Боришполець Юлія Василівна**
старший викладач
Кафедра японської мови і перекладу
Київський столичний університет
імені Бориса Грінченка, Україна

**Анотація.** У статті здійснено порівняльний аналіз підходів до організації навчання японської та інших іноземних мов в умовах нестабільного освітнього середовища на матеріалі досвіду України, Японії та Індонезії. Запропоновано розглядати кризове мовне навчання крізь концепцію resilient Japanese language education – стійкої моделі навчання японської мови, здатної адаптуватися до зовнішніх порушень зі збереженням основних освітніх функцій. Методологічну основу становлять системний підхід до поняття resilience, концепція emergency remote teaching та порівняльний аналіз досліджень дистанційної освіти трьох країн. Встановлено, що український досвід актуалізує проблему тривалого функціонування іншомовної освіти в умовах збройного конфлікту; японський демонструє ефективність віртуальних просторів мовної підтримки та збереження комунікативної взаємодії; індонезійський виявляє визначальну роль

інфраструктури, інтерактивності та цифрової готовності учасників освітнього процесу. Виокремлено чотири компоненти стійкого навчання японської мови: технологічну доступність, педагогічну адаптивність, комунікативну безперервність та організаційну гнучкість.

**Ключові слова:** японська мова, дистанційне навчання, кризове навчання, emergency remote teaching, resilient education, освітня стійкість, іншомовна освіта, Україна, Японія, Індонезія.

**Введення.** Стрімке поширення дистанційних технологій упродовж останніх років суттєво змінило організацію іншомовної освіти. Водночас пандемія COVID-19, збройні конфлікти, вимушена міграція, природні катастрофи, перебої енергопостачання та нерівномірний доступ до цифрової інфраструктури засвідчили, що проблема полягає вже не лише у виборі між очним і дистанційним форматами. Актуальним стає питання здатності освітньої системи продовжувати виконувати свої основні функції за умов порушення звичного навчального середовища.

У міжнародному науковому дискурсі вимушений перехід від очного до дистанційного формату концептуалізується, зокрема, через поняття emergency remote teaching (ERT). Систематичний огляд M. Bond, S. Bedenlier, V. I. Marín та M. Händel, що охопив 282 емпіричні дослідження першого глобального семестру дистанційного навчання, продемонстрував масштабність переходу вищої освіти до екстрених онлайн-форматів та різноманітність технологічних і педагогічних реакцій на кризу (Bond et al., 2021). Принциповим є те, що ERT не тотожне повноцінно спроєктованому дистанційному навчанню: воно виникає як відповідь на обставини, за яких нормальний формат освітнього процесу тимчасово або тривало неможливий.

Для іншомовної освіти така проблема набуває особливого значення. Навчання мови передбачає не лише доступ до інформації, але й систематичну мовленнєву практику, взаємодію між учасниками освітнього процесу, оперативний зворотний зв’язок, підтримання мотивації та формування комунікативного середовища. Відтак перенесення матеріалів і завдань у цифровий простір саме по собі не гарантує безперервності мовної освіти.

Теоретичною основою для переосмислення цієї проблеми може слугувати системна концепція resilience. A. S. Masten визначає resilience як здатність системи успішно адаптуватися до порушень, що загрожують її функціонуванню, життєздатності або розвитку (Masten, 2016). Застосування такого підходу до іншомовної освіти дозволяє перейти від розуміння стійкості виключно як особистісної характеристики студента або викладача до її трактування як властивості самого освітнього середовища. У межах цього дослідження поняття resilient Japanese language education використовується для позначення такої організації навчання японської мови, яка здатна адаптуватися до зовнішніх порушень зі збереженням ключових навчальних і комунікативних функцій.

**Мета та задачі дослідження.** Метою дослідження є визначення основних характеристик стійкої моделі навчання японської мови на основі порівняльного

аналізу українського, японського та індонезійського досвіду дистанційної та кризової освіти.

Для досягнення мети поставлено такі задачі: розмежувати поняття планового дистанційного навчання, emergency remote teaching та стійкого навчання; проаналізувати основні виклики іншомовній освіті в Україні, Японії та Індонезії; визначити методичні рішення, спрямовані на збереження навчальної та комунікативної взаємодії; виокремити компоненти моделі resilient Japanese language education, потенційно релевантні для української університетської практики.

Матеріалом дослідження стали наукові публікації, присвячені дистанційній іншомовній освіті в Україні, адаптації освіти до умов збройного конфлікту, японському досвіду дистанційного навчання та онлайн-підтримки японської мови, а також проблемам онлайн-освіти та викладання японської мови в Індонезії. Використано методи аналізу й синтезу наукової літератури, зіставлення та якісного порівняльного аналізу.

**Результати дослідження і їх обговорення.** Український досвід останніх років демонструє поступову зміну самого характеру дистанційної освіти. Якщо під час пандемії COVID-19 ключовим завданням було швидке перенесення навчального процесу в цифрове середовище, то в умовах повномасштабної війни проблема набула тривалого й багатокомпонентного характеру. І. Форостюк, аналізуючи викладання іноземних мов у закладах вищої освіти в умовах дистанційного навчання, звертає увагу на використання цифрових технологій та онлайн-ресурсів, а також на методичні проблеми організації іншомовної підготовки у дистанційному форматі (Форостюк, 2023). Це підтверджує необхідність не механічного перенесення аудиторних методик в онлайн-середовище, а їх адаптації до іншої структури навчальної взаємодії.

Ще виразніше кризовий характер освітнього процесу представлений у дослідженні V. Lemeshchenko-Lagoda та I. Kryvonos, присвяченому іншомовній освіті в умовах збройного конфлікту. Автори розглядають вплив війни на доступ до освіти та адаптацію освітнього процесу на окупованих територіях України (Lemeshchenko-Lagoda & Kryvonos, 2024). Такий контекст принципово відрізняється від короткострокового переходу в онлайн, оскільки нестабільність стає не винятковою подією, а тривалим фактором організації навчання.

Для українського університетського середовища це означає, що ефективний курс іноземної мови має проєктуватися з урахуванням можливості переривання синхронного заняття, тимчасової відсутності доступу до інтернету або електроенергії, зміни місця перебування студентів та інших факторів, які унеможливлюють однаковий режим участі всіх здобувачів освіти. Відповідно, стійкість курсу визначається не здатністю будь-якою ціною зберегти конкретний формат заняття, а здатністю зберегти його освітню функцію за зміни формату.

Японський досвід дозволяє розглянути інший аспект проблеми – збереження мовної взаємодії та навчальної спільноти. Y. Mochida (2022), аналізуючи тенденції досліджень дистанційного навчання в Японії у 2020–2021

рр., систематизує досвід швидкого переходу японської освіти до віддалених форматів. Значення такого досвіду полягає в накопиченні різних моделей організації дистанційної взаємодії, які можуть бути використані не лише під час пандемічних обмежень, але й у ширшому контексті кризової освіти.

Особливо показовим для методики японської мови є проєкт Online Nihongo Space у Tokyo Institute of Technology. M. Komatsu та M. Ebara (2021) описують онлайн-простір, створений для мовної підтримки нових і чинних іноземних студентів, які через надзвичайний стан не могли приїхати до Японії або відвідувати університет. За результатами опитування 54 учасників автори встановили загальну позитивну оцінку цієї форми роботи та виокремили серед основних результатів забезпечення можливостей для навчання і комунікації. Online Nihongo Space функціонував також як віртуальний простір, що поєднував студентів для спільного навчання (Komatsu & Ebara, 2021).

Цей кейс є методично важливим, оскільки демонструє різницю між цифровою доставкою навчального контенту та підтриманням мовного середовища. Граматичний матеріал, список лексики або письмову вправу можна надати студенту асинхронно. Натомість формування комунікативної компетентності потребує взаємодії з іншими учасниками. Отже, одним із критеріїв стійкості курсу японської мови має бути комунікативна безперервність – можливість зберігати регулярний контакт із мовою та іншими учасниками освітнього процесу навіть за неможливості традиційного аудиторного навчання.

Індонезійський досвід актуалізує насамперед інфраструктурний вимір освітньої стійкості. Систематичний огляд E. Rukmini, H. Angelina та V. C. Anggreni охоплює дослідження онлайн-навчання у вищій освіті Індонезії під час пандемії. Після пошуку 1206 публікацій автори сформували корпус досліджень для аналізу розвитку онлайн-освіти; серед ключових проблем індонезійського контексту розглядаються інфраструктура, інтерактивність та готовність учасників освітнього процесу (Rukmini et al., 2023). Таким чином, доступ до технології постає не зовнішньою передумовою, а безпосереднім фактором реалізації методики.

Для українського контексту цей досвід є особливо релевантним, оскільки технологічна доступність також не може вважатися постійною величиною. Якщо навчальна модель повністю залежить від безперервної синхронної відеоконференції, то втрата стабільного зв’язку фактично означає втрату доступу до заняття. Натомість стійка модель має передбачати функціональну взаємозамінність окремих елементів: синхронне заняття – асинхронним завданням або записом; усна відповідь у реальному часі – аудіозаписом; групова робота – альтернативним індивідуальним завданням; матеріали, доступні лише під час заняття, – файлами для автономного опрацювання.

Безпосередній індонезійський досвід викладання японської мови представлений у дослідженні T. I. Indraswari, S. Mutiaraningsih, S. Julaeha та S. Sugiarty (2021), присвяченому оцінюванню засвоєння bunpou (граматики) в онлайн-класі LPK Mulia Meisou Indonesia. Автори аналізують організацію

дистанційного оцінювання японської граматики та його результати. Дослідження підтверджує можливість перенесення окремих процедур контролю знань у цифрове середовище, водночас демонструючи необхідність комплексної оцінки дистанційного навчального процесу (Indraswari et al., 2021).

Порівняння трьох національних контекстів дозволяє запропонувати чотирикомпонентну структуру resilient Japanese language education.

Першим компонентом є технологічна доступність. Навчальні матеріали та основні завдання повинні залишатися доступними за різної якості інтернет-з'єднання та не бути повністю прив'язаними до синхронної присутності. Індонезійський досвід найбільш чітко демонструє залежність онлайн-освіти від інфраструктури та готовності користувачів (Rukmini et al., 2023).

Другим компонентом є педагогічна адаптивність, тобто можливість змінювати спосіб виконання навчальної діяльності без відмови від запланованого результату. Важливим стає принцип: змінюється маршрут до навчального результату, але не сам результат. Якщо метою є формування навички усного мовлення, відсутність студента на відеоконференції не повинна автоматично скасовувати цю мету; викладач може запропонувати інший спосіб реалізації мовленнєвого завдання.

Третім компонентом є комунікативна безперервність. Для японської мови вона має особливе значення, оскільки передбачає не лише засвоєння граматичних і лексичних одиниць, але й формування здатності використовувати їх у ситуації реальної взаємодії. Досвід Online Nihongo Space показує, що цифровий простір може виконувати функцію не лише навчального ресурсу, а й середовища для підтримання зв'язків та collaborative learning (Komatsu & Ebara, 2021).

Четвертим компонентом є організаційна гнучкість – здатність курсу функціонувати за різних сценаріїв. В українських реаліях особливо важливо заздалегідь передбачати альтернативні способи доступу до матеріалів, виконання завдань, отримання консультації та демонстрації результатів навчання. Таким чином, кризова адаптація перестає бути серією ситуативних рішень викладача й перетворюється на принцип дизайну курсу.

На основі проведеного аналізу можна розмежувати три моделі організації навчання. Planned online learning передбачає попереднє проєктування курсу для дистанційного середовища. Emergency remote teaching є вимушеним переходом до альтернативного режиму внаслідок надзвичайних обставин (Bond et al., 2021). Натомість resilient language education передбачає, що можливість порушення звичного режиму закладається в архітектуру курсу ще на етапі його проєктування.

Водночас стійке навчання не слід ототожнювати з максимальною цифровізацією. Його метою не є заміна очного навчання онлайн-форматом. Навпаки, йдеться про створення такої системи, у якій зміна зовнішніх умов не призводить до руйнування внутрішньої логіки навчального процесу. Саме це відповідає системному розумінню resilience як здатності адаптуватися до порушень зі збереженням функціонування системи (Masten, 2016).

Для курсу японської мови таким функціональним «ядром безперервності» можуть бути: регулярний контакт студента з японською мовою; послідовне опрацювання лексико-граматичного матеріалу; систематична мовленнєва практика; доступний зворотний зв'язок; можливість комунікації з викладачем та іншими студентами; прозора система завдань; наявність асинхронної альтернативи для критично важливих елементів синхронного заняття. Відтак цифровий інструмент має оцінюватися не за ступенем технологічної новизни, а за тим, яку функцію навчального процесу він дозволяє зберегти у випадку порушення звичного формату.

**Висновки.** Проведений порівняльний аналіз засвідчив, що український, японський та індонезійський досвід репрезентують різні, але взаємодоповнювальні виміри кризового навчання. Український контекст демонструє необхідність тривалої адаптації іншомовної освіти до умов збройного конфлікту та нестабільного освітнього середовища. Японський досвід показує значення спеціально організованих онлайн-просторів, здатних зберігати не лише навчання, але й мовну та соціальну взаємодію. Індонезійський досвід підкреслює визначальну роль технологічної інфраструктури, інтерактивності та готовності учасників освітнього процесу.

На основі отриманих результатів resilient Japanese language education пропонується визначати як модель організації навчання японської мови, здатну адаптуватися до суттєвих зовнішніх порушень зі збереженням ключових мовних, комунікативних та організаційних функцій освітнього процесу. Її структурними компонентами є технологічна доступність, педагогічна адаптивність, комунікативна безперервність та організаційна гнучкість.

Практичне значення запропонованого підходу полягає у можливості використання цих компонентів як принципів проєктування університетських курсів японської мови в Україні. Перспективою подальших досліджень є емпірична апробація моделі resilient Japanese language education у закладах вищої освіти України, зокрема визначення впливу поєднання синхронних та асинхронних форматів на безперервність навчання, комунікативну активність, мотивацію та результати опанування японської мови в умовах тривалої нестабільності.

## Список використаних джерел

1. Bond, M., Bedenlier, S., Marín, V. I., & Händel, M. (2021). Emergency remote teaching in higher education: Mapping the first global online semester. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 18, Article 50. https://doi.org/10.1186/s41239-021-00282-x
2. Indraswari, T. I., Mutiaraningsih, S., Julaeha, S., & Sugiarty, S. (2021). Evaluasi pembelajaran bunpou pada kelas daring di LPK Mulia Meisou Indonesia. Journal of Japanese Language Education and Linguistics, 5(1), 1–11. https://doi.org/10.18196/jjlel.v5i1.10235
3. Komatsu, M., & Ebara, M. (2021). Japanese learning support during the COVID-19 emergency: A case study of the Online Nihongo Space, Tokyo Institute of

Technology. Journal of Japanese Language Education Methods, 27(1), 106–107. https://doi.org/10.19022/jlem.27.1_106
4. Lemeshchenko-Lagoda, V., & Kryvonos, I. (2024). Adaptation of education in the context of conflict: The case of foreign language education in the occupied territories of Ukraine. Актуальні питання гуманітарних наук, 74(2), 277–283. https://doi.org/10.24919/2308-4863/74-2-44
5. Masten, A. S. (2016). Resilience in developing systems: The promise of integrated approaches. European Journal of Developmental Psychology, 13(3), 297–312. https://doi.org/10.1080/17405629.2016.1147344
6. Mochida, Y. (2022). コロナ禍での日本における遠隔授業研究の動向—2020年・2021年を中心とした記録的記述— [Trends in research on remote teaching in Japan during the COVID-19 pandemic: A descriptive review focusing on 2020 and 2021]. 日本語教育研究, 59, 171–192. https://doi.org/10.21808/KJJE.59.11
7. Rukmini, E., Angelina, H., & Anggreni, V. C. (2023). Indonesia higher education's online learning during the pandemic state. International Journal of Evaluation and Research in Education, 12(4), 2286–2301. https://doi.org/10.11591/ijere.v12i4.25103
8. Форостюк, І. В. (2023). Викладання іноземної мови у вищій школі в умовах дистанційного навчання: проблеми та шляхи їх вирішення. Вища освіта України, 2(89), 80–85. https://doi.org/10.32782/NPU-VOU.2023.2(89).10

# XIV ƏSR AZƏRBAYCAN ŞAİRİ İMADƏDDİN NƏSİMİNİN POETİK MƏTNLƏRİNDƏ VELYAR "Ŋ" SAMİTİNİN İŞLƏNMƏ İMKANLARI

**Məmmədov Bəhram Cəfər**
filologiya üzrə fəlsəfə doktoru
ADPU-nun Azərbaycan dili və onun tədrisi texnologiyası kafedrasının baş müəllimi
ORC1D: 0000-0002-3631-1412
Bakı, Azərbaycan

**Xülasə**

1369-1417-ci illərdə yaşamış Azərbaycan fəlsəfi şeirinin banisi İmadəddin Nəsiminin bədii sənətkarlığı, mübarizə ruhlu misraları fəlsəfi və ictimai məzmunlu əsərləri klassik Azərbaycan şeirnə əlavə ruh vermiş, klassik poeziyamızın formalaşmasında ciddi rol oynamışdır. Bununla yanaşı Nəsiminin dövrümüzə qədər gəlib çatmış poetik mətnləri müasir Azərbaycan ədəbi dilinin formalaşma tarixini müəyyən etmək üçün ciddi mənbə hesab edilir.

"XIV əsr Azərbaycan şairi İmadəddin Nəsiminin poetik mətnlərində velyar "ŋ" samitinin işlənmə imkanları" adlı məqalədə Nəsiminin yazılı mətnlərində velyar "ŋ"

samitinin işlənmə yeri izah edilir. Nəsiminin dörünün bir çox xəttat və katiblər tərəfindən yazıya alınmış mətnləri və bu mətnlərin imla xüsusiyyətləri haqqında danışılır. Həmçinin Nəsiminin "Yetirdim" rədifli qəzəlinin məzmunu, ideya-bədii xüsusiyyətləri təhlil edilib.

**Açar sözlər:** samit, qəzəl janrı, imla xüsusiyyətləri, tarixi mətn

**Giriş**

Azərbaycan türkcəsinin inkişafı tarixində İmadəddin Nəsiminin xüsusi rolu olmuşdur. Azərbaycan türkcəsində fəlsəfi şeirin ustadı hesab edilən İ. Nəsiminin bədii irsinin ilk tədqiqatçılarından görkəmli ədəbiyyatşünas İsmayıl Hikmət dahi şairin dil-üslub və sənətkarlıq xüsusiyyətlərindən bəhs edərək yazırdı: "Ləhcə etibarilə Nəsiminin cığatay ədəbiyyatına da çox təsiri olmuşdur; yazdığı qəzəllərin bir çoxu Hüseyn Bayqaralar, Nəvailər tərəfindən təqlid və tənzir olunmuş və Azəri ləhcəsinə aid bir çox ünsürlər cığataycaya keçmiş və Nəvai zamanı cığaytacası Azəri ləhcəsinə çox yaxınlaşmışdır. "(1. s. 367) Böyük alim İ. Hikmətin bu qeydlərindən anlaşılan odur ki, İ. Nəsimi poetik mətnləri ilə nəinki Azərbaycan türkcəsinin inkişafına xidmət etmiş, onun hətta digər türk dillərinə də ciddi təsiri olmuşdur.

İ. Nəsiminin yazılı mətnlərini tədqiq etmiş görkəmli alim C. Qəhrəmanovun da dahi şairin poeziya dili haqqında qeyd etdiyi fikirlər də İ. Hikmətin müşahidlərini təsdiq edir. C. Qəhrəmanov yazırdı: "O ərəb və fars dillərinin klassik şeir üslubunda hakim kəsildiyi bir dövrdə xalq yaradıcılığından qidalanaraq yüksək təbli əsərlərini Azərbaycan dilində yazmış, bu dilin imkanlarını aşkara çıxarmışdır. Ona görə də heç təsadüfi deyildir ki, Nəsimi əsərlərinin əsasını, onun təməlini məhz azəri sözləri, azəri ifadələri təşkil edir."( 2.s.12)

Orta əsr şairlərinin bir çoxunda olduğu kimi İ. Nəsiminin bədii irsinin yaşadığı dövrdə bir çox xəttat və katiblər tərəfindən yazıya alındığını müəyyən dövrlərdə şeirlərinin üzünün köçürüldüyünü, yazılı mətnlərin tələffüz və imla xüsusiyyətlərinin müəllif dilindən fərqlənə biləcəyi ehtimalını, şairin avtoqraf nüsxələrinin olmadığını nəzərə alsaq, o zaman hal-hazırda istifadə edilən mətnlərin imla xüsusiyyətləri haqqında dəqiq fikir söyləmək bir qədər çətinləşir. Lakin şairin əlyazmaları imla xüusiyyətlərinə görə müəllifin dilindən fərqli olma ehtimalına rəğmən müəyyən dövrdə, müəyyən sahələr üçün imla xüsusiyyətləri, əsasən, səciyyəvi olur. Bu isə öz növbəsində həmin dövrün dil və imla xüsusiyyətlərini öyrənməyə imkan verir. Görkəmli alim C. Qəhrəmanov yazır ki, Nəsimi "Divanı"nın əlyazma nüsxəsində əksərən Azərbaycan sözləri ərəb dili qaydalarına, ərəb imlasının tələblərinə müvafik şəkildə yazılmış, sait səslər, demək olar ki, qeyd edilməmişdir. Görkəmli tədqiqatçı həmçinin qeyd edir ki, Nəsiminin poetik mətnlərinin müasir dvrümüzə qədər gəlib çatmış əlyazmalarında "sağır nun" samitindən istifadə edilmiş və bu ünsüz "ﻦْ" şəklində yazılmışdır. (2.s. s.23) Professor C. Qəhrəmanovun bu qeydi onu deməyə əsas verir ki, böyük şairin bizə gəlib çatmış poetik mətnlərində sağır nun səsi işlənmiş kifayət qədər sözlər vardır. Təəssüflə qeyd etmək istərdik ki, Nəsiminin istər kiril, istərsə də, son illər latın qrafikalı əlifba ilə nəşr edilmiş əsərlərində sağır nun səsi əks edilməmişdir. Bununla yanaşı Nəsimi şeirlərində sağır nun səsinin iştirak etdiyi sözləri aydın şəkildə müşahidə edə bilirik.

**Əsas hissə**

Nəsiminin şeirlərində sağır nun "**ŋ**" səsi sözün müxtəlif qrammatik kateqoriyalarında işlənmişdir. Daha çox hal kateqoriyasının yiyəlik hal şəkilçisinin daxilində qarşılaşdığımız faktların bir neçəsinə nəzər salaq:

Buldu könlüŋ səniŋlə şol vüslət
Kim anıŋ vəslinə vüsal iräməz. (3. s. 75)

Nümunədən də göründüyü kimi ikinci misranın ilk sözündə işlənmiş müəyyən yiyəlik hal şəkilçisinin son samiti sağır nun səsi ilə ifadə edilmişdir. Yeri gəlmişkən qeyd etmək lazımdır ki, aidlik, sahiblik məzmunu ifadə edən yiyəlik hal müəyyən və qeyri müəyyən formada olmaqla ilk yazılı mənbələrdə, o cümlədən də İ. Nəsiminin poetik mətnləində aydın şəkildə müşahidə edilir. Professor Ə. Tanrıverdi yazırdı ki, müasir ədəbi dilimizdə -ın, -nın/ -yin, -im şəklilçiləri ilə işlənən müəyyən yiyəlik halın tərkibində işlənən "n" tarixən velyar "**ŋ**" ilə işlənmişdir. (4. s.199)

İ. Nəsimin şeirlərində sağır nun ünsüzünün işlənməsini isə professor H. Mirzəzadə də təsdiq edir. Görkəmli dil tarixçisi Azərbaycan dilinin tarixi qrammatikası əsərində sağır nun səsindən bəhs edərkən bu qovuşuq burun sonorunun yiyilək hal şəkilçisinin tərkibində də işləndiyini qeyd edərək Nəsimidən aşağıdakı örnəyi təqdim etmişdir:

Sözləriniŋ hər birisi nəfxeyi ruhülqüds,
Valehəm hüsnüŋə ey şirin ləbindən münfəil,
Dilbərin yolunda qurban ol, fəda qıl canıŋı( 5. s. 24 )

Professor H. Mirzəzadənin yuxarıda təqdim etdiyimiz nümunəsində ilk misrada "sözləriniŋ" sözündə sağır nun yiyəlik halın tərkibində, digər "hüsnüŋə" və "canıŋı" sözlərində isə mənsubiyyət şəkilçisinin tərkibində işlənmişdir. Doğrudur, professorun bu faktla bağlı hər hansı bir qeydinə rast gəlmirik, lakin təqdim edilmiş misralarda velyar "**ŋ**" səsinin işlənmə yeri aydın müşahidə edilir.

İ. Nəsimi yaradıcılığında yiyəlik halın işlənməsi ilə bağlı professor Y. Seyidovun da qeydlərinə rast gəlirik. Professor Y. Seyidov yazır: "Bu halın forması da, məna və məzmunu da indiki yiyəlik halla uyğun gəlir. Düşdü Nəsiminin başı zülfü kimi ayağına."(6. s.77)Professor Y. Seyidov həmçinin Nəsiminin dilində qeyri-müəyyən yiyəlik hallı sözlərin də işləndiyini vurğulamışdır.

Dahi şairin elə şeirləri vardır ki, bu şeirlərdə beş misralıq bəndin bütün misraları son səsi sağır nun samiti ilə bitən müəyyən yiyəlik hallı sözlərlə başlayır:

Dilbəriŋ ləlində əşya əsirmiş,
Sünbüliŋ leylində əsra əsirmiş,
Nərgisiŋ dövrünə sevda əsirmiş,
Gözləriŋ ayrıqmıdır, ya əsirmiş? (3.s. 589)

Yuxarıda təqdim etdiyimiz nümunəyə nəzər saldıqda aydın olur ki, şeirdə işlənmiş sözlərin hər biri müasir Azərbaycan ədəbi dilində işləkdir. İlk üç misrada işlənmiş ərəb-fars mənşəli sözlər mənaca anlaşılır, son misrada isə bütün sözlər türk mənşəlidir. "ayrıq" sözünün son samitini nəzərə almasaq, digər sözlər müasir ədəbi dil səviyyəsindədir. Qeyd etmək yerinə düşərdi ki, Ustad şairin dilində "ayrı" sifətinin müxtəlif tələffüz formalarını müşahidə etmək mümkündür. Məsələn, onun misralarında ayrı sözünün "ayruq", "ayrux", "ayruğ" kimi fonetik tərkibcə fərqli formalarına rast gəlirik.

Professor E. Əzizov Azərbaycan dilinin qərb qrupu dialekt və şivələrinə daxil olan Ayrım şivəsində də "+ıq" şəkilçisinin yiyəlik hal şəkilçisi mövqeyində çıxış etdiyini yazır: "...Ayrım şivəsində ismin yiyəlik halında dördvariantlı -ln şəkilçisi ilə yanaşı -ıq, -iq, -uq, -üq şəkilçisi də müşahidə edilmişdir: qoca arvadıq baldırınnan yapışdı...Bu forma əvəzliklərin hallanmasında da özünü göstərir: məniq, səniq, onuq, munuq, biziq, siziq."(7.s.170)

"-ıq" elementini Nəsimi, eləcə də XIV-XV əsr yazılı mətnlərində müşahidə etmək mümkündür, lakin burada diqqəti Nəsimi şeirində söz sonu mövqeydə "q" samitinin müxtəlif tələffüz variantlarının yazıda əks edilməsidir.

İ. Nəsiminin poetik mətnlərində sağır nun ünsürünün işləndiyi daha bir məqam yönlük hal şəkilçisindən əvvəldir. Faktlara nəzər salaq:

İxlas ilə ta canımı cana**ŋ**ə yetirdim,
Düşmənləri bu həsrət ilə ca**ŋ**ə yetirdim. (3.s.431)

Böyük Nəsiminin "Yetirdim" rədifli səkkiz beytlik qəzəlini mətlə beytində "cana**ŋ**ə" və "ca**ŋ**ə" sözləri yönlük haldadır, hər iki sözün son samitində sağır nun ünsüzü müşahidə edilir. Bəndin bütün sözləri müasir Azərbaycan ədəbi dilinin orfoqrafik, orfoepik normalarına uyğundur, həmçinin ilk misrada işlənmiş "ta" ədatı hal-hazırda ədəbi dilimizdə istifadə olunan "daha" ədatının şifahi nitqdə işlənən variantıdır. İ. Nəsimi şeirlərinin linqvistik xüsusiyyətləri üzərində çalışarkən onların məzmunu, ifadə etdiyi fikir, ideya-bədii xüsusiyyətləri diqqəti cəlb edir. Bu mənada ilk beytdən başlayaraq hər bir beytin məzmununa nəzər salmaq istərdik.

Qəzəlin ilk beytindən anlaşılır ki, fikir I şəxsin dilindən deyilib, digər beytlərdə ifadə edilmiş fikirləri də göz özündən keçirdikdə aydın olur ki, beytin I şəxsin dilindən deyilməsinə baxmayaraq Nəsimi əslində Tanrının qüdrətindən danışır, daha doğrusu Allahın dili ilə ətrafına müraciət edir. Beytə diqqət yetirsək görərik ki, mətlə beytinin ilk misrasının ilk sözü "İxlas"dır. İxlas surəsi müqəddəs Qurani-Kərimin 112-ci surəsidir. Dörd qısa ayədən ibarət olan bu surə Allahın bir olmasını, təkliyini, heç kəsə möhtac olmadığını ifadə edir.

Deməli, böyük Nəsimi Tanrının dili ilə demək istəmişdir ki, Uca Yaradan öz varlığının təsdiqi ilə yaradılışın ən ali varlığı insana gəlmişdir. Burada "canı cana**ŋ**ə yetirmək" Tanrının insanın köməyinə gəldiyinə işarədir. İkinci misrada isə Tanrının insanın köməyinə yetməsi, insanı pis yoldan ayırması, əlbəttə ki, düşməni bezdirəcək, "ca**ŋ**ə yetirəcək"dir.

İkinci beytdə isə Tanrının digər gözəl sifətləri təsvir edilir.

İsgəndəri zülmətə irişdirdimü döndüm,
Xızırın sifətin çeşmeyi-heyva**ŋ**ə yetirdim.

İkinci beytin son misrasında izafət tərkibinin son sözündə yönlük haldan əvvəl işlənmiş sağır nun mətlə beytində "cana**ŋ**ə" və "ca**ŋ**ə" sözləri ilə həmqafiyədir. İlk misrada ədəbi dil üçün anlaşılmayan bircə "irişmək" feili işlənibdir. Professor Q. Kazımov bu feilin kökünü "ir" sözü ilə bağlı olduğunu qeyd edərək müasir ədəbi dilimizdə "çatmaq" mənasında işləndiyini yazmışdır.(8. s. 137-138). Fikrimcə, qeyd etdiyimiz beytin ilk misrasında da Tanrının dilindən verilmiş fikirdə "irişmək" feili müasir ədəbi dilimizdə işlənən "çatmaq" feili ilə eyni mənadadır. Deməli, misradan

anlaşılır ki, İsgəndəri zülmət diyarına çatdıran Tanrıdır, bu güc yalnız Ona məxsusdur. Əslində şair kökü "Gilqamis" dastanına dayanan şərq dillərində yayılmış "İsgəndər" dastanının mətnlərinə istinad edir. Dastanda isgəndərin Xızır peyğəmbərlə birlikdə qaranlıqlar ölkəsinə səfəri, zülmət diyarında Xızır peyğəmbərin dirilik suyunu tapması haqqında məlumatlar yer alır. Beytin ikinci misrasında Xızır peyğəmbərin adının çəkilməsi və "çeşmeyi" sözü də bu rəvayətin poetik ifaddəsinə xidmət edir.

Qəzəlin üçüncü beytində isə başqa bir rəvayət haqqında danışılır.

Həm Yusifi mən çahi-biyabaŋə buraxdım,
Həm atəşi mən Museyi-İmraŋə yetirdim.

Üçüncü beytdə sağır nun səsinin yönlük haldan əvvəl işlənmiş iki nümunəsi ilə qarşılaşırıq. Onlardan biri "çahi-biyabaŋə ", digər isə "Museyi-İmraŋə" ifadəsidir. Hər iki ifadənin məzmunun anlaşılması teoloji bigilərə dayanır. İlk misrada Allahın dilindən ifadə edilmiş "Mən Yusifi çahi-biyabəŋə buraxdım" fikrini anlamaq üçün "çahi-biyabəŋə" izafətinə diqqət yetirmək lazım gəlir. Fars dilində "çahi-biyabaŋə " (بیابان چاه) "səhra quyusu" və ya "çöl quyusu" mənasını ifadə edir. Deməli, Müqəddəs "Qurani-Kərim"də 12-ci surədə başdan sona ardıcıllıqla həyatının bütün məqamləri əks edilmiş Həzrəti Yusifin qardaşları tərəfindən quyuya atılmasından danışılır və o qənaətə gəlinir ki, yer üzündə baş vermiş hadisələr məhz Allahın istəyi ilə reallaşıbdır. İkinci misradakı "Museyi-İmraŋə" izafətini müasir dilimizdə "İmran oğlu Musaya" deməkdir. Nəsimi və ondan sonra gələn bir çox şairlər poetik mətnlərində Musa peyğəmbərin adını atasının adı ilə birgə çəkmişlər. Beləliklə, ilk misrada Tanrının istəyi ilə Həzrəti Yusifin qardaşları tərəfindən quyuya atılmasından, ikinci misrada isə "Qurani-Kərimin" "Taha" surəsinin 11-14-cü ayələrində qeyd edildiyi kimi Allahın lütfi ilə Musa peyğəmbərin Tur dağında od görməsinə, onun həmin oda yaxınlaşması, allahın onunla danışıb ona peyğəmbərlik verməsinə işarə edilir.

Nəsimi yaradıcılığı ilə yaxından tanış olduqda aydın olur ki, böyük şair bir neçə şeirində bu Musa peyğəmbərin adını çəkməklə "Qurani-Kərim" də bəhs edilmiş həmin hadisəyə işarə etmişdir. Məsələn, şair "Musa kimi didariŋə müştaq isən gəl üştə gör, Anəstunarən, həm şəcər, Musa-bini İmran gəlmişəm." Bu beytin ikinci misrasının ilk "Anəstunarən" sözü yuxarıda haqqında danışılan hadisə ilə əlaqədar olub "Odu gördüm" deməkdir ki, bu ifadə müqəddəs Qurani-Kərimin "ən-Nəml" surəsinin 7-ci ayəsindən götürülmüşdür.

Dördüncü beytdə Allahın yaradılışı haqqında danışılır:

Bəhri-mühiti həm ləbi-çeşmimdən axıtdım,
Həm qətreyi mən bəhr ilə ümmaŋə yetirdim.

Beytin ilk misrasında "bəhr" və "ləbi-çeşm" izafəti müasir ədəbi dil səviyəsində ümumişlək deyil, lakin "bəhr" in "okean", "dəniz" kimi, "ləbi-çeşm"in isə "dodaq" və "göz" mənasını anlamaq mümkündür. Deməli, ilk misrada şair Allahın ol deməklə, dəryaları, dənizləri, ucsuz-bucaqsız su hövzələrini yaratmasına işarə edir, ikinci misrda isə okeanlara, dənizlərə düşən yağış damlalarına işarə var.

Tanrının möcüzələrindən biri də beşinci beytdə xatırlanıb:

Həm tutiyə mən şəhdi-şəkərdən səmər etdim,

Həm bülbülü mən bağ ilə bustaŋə yetirdim.

Beytdə müasir ədəbi dilimiz üçün anlaşılmayan cəmi üç söz işlənmişdir. Onlardan ikisi "şəhdi-şəkər" və "səmər" sözləri ilk misrada, digəri isə sağır nun səsinin də iştirak etdiyi "bustaŋə" sözüdür. "Şəhdi-şəkər" "şirinlik, ləzzət mənbəyi", "səmər" səmərəli sözünün kökü olub "faydalı",

"bustaŋ" isə "çiçək bağçası", "güllük" deməkdir. Beləliklə, tutuquşuya şirin söz demək bacarığının verilməsim bülbülün çiçək bağçasına, güllərin arasında məskən salması Allahın lütvi ilə mümkündür fikri irəli sürülür.

Həm seyrdə mən mütrib ilə həmnəfəs oldum,
Həm saqiyi mən sağərü-peymaŋa yetirdim.

Altıncı beytdə işlənmiş sözlərə diqqət yetirsək görərik ki, ilk misrasının bütün sözləri müasir Azərbaycan dilində olduğu kimi işlənir, yalnız üç söz "mütrib", "saqi" və son misrada "sağər" sözü müasir ədəbi dilimiz üçün anlaşılmazdır. Sağır nun səsinin işləndiyi "peymaŋa" sözü isə ədəbi dilimizdə "əhdi-peyman" sözündə işləndiyi üçün mənası anlaşılandır.

"Mütrib" ərəb mənşəli söz olub mənası musiqi sədası altında rəqs edən, mahnı oxuyan və yaxud da musiqi alətində ifa edən şəxsə deyilib.

Bəzi din alimlərinə görə musiqi islam dinində haram sayılıb. Görünür, şair Allahın dili ilə "mən mütrib ilə həm nəfəs oldum" deməklə bu fikri inkar edib və demək istəmişdir ki, musiqi istedadı, musiqini ifa etmək qabiliyyəti belə Allahın lütvi ilə mümkündür.

"Saqi" klassik poeziyada "məclisdə şərəb paylayan şəxs" mənasında işlənir, "sağərü-peymaŋ" dini-irfani şeirlərdə "qədəh və əhdi-peyman" mənasında işlənir. İzafət tərkibinin ilk sözü "sağər" fars dilində "şərab piyaləsi", ikinci sözü isə "əhd, bağışlama" mənalarını ifadə edir. Beytin məna yükü bizə onu deməuə əsas verir ki, burada ilahi eşqdən, allahın sevgisindən, bu sevgini qəbul edən aşiqdən söhbət açılıbdır.

Qəzəlin son iki beytində Nəsimi məhz özündən bəhz etmişdir.

Özmŋü əsədüllaha kəmtər qulam etdim
Həm möcüzü mən şahi-Xorasaŋə yetirdim.

Altıncı beytdə şair özünü Allah qarşısında "aciz, yazıq" qulam etdiyini elan edir və sonuncu misrada mən bu möcüzələri "şahi-Xorasaŋə yetirdim". Misra daxilindəki izafət tərkibinin mənasına diqqət yetirdikdə aydın olur ki, Xorasan bölgəsində, Məşhəddə dəfn edilmiş İslam dinində şiələrin 8-ci imamı Əli ibn Musa ər-Rzadan danışılır. Şair şahi-Xorasaŋə dedikdə məhz 8-ci iamamı nəzərdə tutubdur.

Həq gördü və həq dedi, Nəsimi nə desin kim
Həm şeirimi mən ayəti-Quraŋə yetirdim.

Məqtə beytində böyük Nəsimi dediklərinin haq sözü olduğunu, şeirinin Quran ayələrinə istinadla söylədiyini vurğulamışdır.

Nəsiminin "Yetirdim" qəzəlinin dil-üslub xüsusiyyətlərini nəzərdən keçirdikdə bir tərəfdən sağır nun ünsüzünün yönlük hal şəkilçisindən əvvəl işlənmə imkanlarını, qəzəlin lüğət tərkibinin müasir Azərbaycan ədəbi dilinə yaxın olmasını, qrammatik

xüsusiyyətlərinin müasir dil səviyyəsinə uyğunluğunu, digər tərəfdən isə onun Allah sözünü yaydığını, dini-islama bağlılılğını görmək mümkündür.

İ. Nəsimini "Kimi" rədifli qəzəlində sağır nun səsinin həm yiyəlik halın tərkibində, həm yönlük haldan əvvəl, həm də II şəxsin mənsubiyyət şəkilçisinin tərkibində işləndiyini müşahidə etmək mümkündür:

Qurmağa qoyma yayıŋı, salma məni fəraqə kim,
Doğramış oxları anıŋ yürəgimi zəhər kimi... (3. s.100)

Yuxarıda təqdim etdiyimiz nümunə "Kimi" rədifli qəzəlin üçüncü beytidir. İlk misada "yayıŋı" sözündə sağır nun II şəxsin mənsubiyyət şəkilçisinin ikinci misrsda işlənmiş "anıŋ" sözündə isə yiyəlik hal şəkilçisinin son samiti kimi işlənmişdir. Qəzəlin beşinci beytinin ilk misrasında isə sağır nun ünsüzünü yönlük hal şəkilçisindən əvvəl işləndiyini görə bilərik: "Kim ki, mələk kimi saŋa qılmadı səcdə, ey sənəm..." v. s.

Oğuz qrupu türk dillərinin morfoloji xüsusiyyətlərini tədqiq etmiş türkoloq alim K. Bəşirov yazırdı ki, Oğuz qrupu türk dillərində II şəxsin təki və cəmi üçün mənsubiyyət şəkilçiləri dördvariantlı olmaqla -n, **-ŋ, ıŋ, (-ın), -nız, (-ınız)** kimi formalaşmışdır. (9. s. 147) Azərbaycan dilinin də Oğuz qrupu türk dillərinə daxil olduğunu nəzərə alsaq, bu baxımdan Nəsimi yaradıcılığında mənsubiyyət şəkilçilərində sağır nunun işlənməsi təbii görünür.

İ. Nəsiminin bir çox poetik mətnlərində II şəxsin təki və cəmini ifadə edən mənsubiyyət şəkilçilərində sağır nun "ŋ" samitini müşahidə etmək mümkündür. Məsələn şairin "Dilbəra, şəmsüzzühadır ayəti-rüxsarınız..." mətləli qəzəlinin mətlə beytinin ilk misrasında işlənmiş "ayəti-rüxsarıŋız", ikinci "Ayəti tahavü yasin surəti-didarıŋız" misrasında, eləcə də ikinci beytin sonunda işlənmiş "ləli-şəkkərbarıŋız", üçüncü beytdə "əsrarıŋız", dördüncü beytdə "cəbbarıŋız", beşinci, məqtə beytində "didarıŋız" sözlərində sağır nun II şəxsin cəmini ifadə edən şəkilçinin tərkibindədir. (3. s.68)

Böyük şairin "Olmadan hənuz" rədifli qəzəlinin demək olar ki, hər bəndində II şəxsin təkini ifadə edən mənsubiyyət şəkilçisinin tərkibində sağır nun samitinə təsadüf edirik:

Gördüm üzüŋü nuri-təcəllüvü şövqüŋü
Ayü günəşdən nuri-qiyam olmadan hənuz. (3. s.71)

Qəzəlin dördüncü beytindən təqdim etdiyimiz bu nümunədə ilk misrada işlənmiş "üzüŋü" və "şövqüŋü" sözündə II şəxsin mənsubiyyət şəkilsinin tərkibində sağır nun səsi vardır. Qəzəlin dördüncü beytinin ilk "Dürdanə dişləriŋi nigarın görəndə mən" misrasında da sağır nun işlənibdir. Beytin lüğət tərkibinə diqqət yetirdikdə aydın olur ki, ilk misrada işlənmiş beş sözün yalnız biri- "təcəllə" sözü müasir ədəbi dilimiz üçün anlaşılmır. Müasir ədəbi dilimizdə izafət tərkibində sözün mənası "üzə çıxma", "ilahi nurun üzə çıxması" deməkdir. Sonuncu misrada isə müasir ədəbi dilimiz üçün anlaşılmayan "hənuz" fars mənşəli söz olub "indi", "hələ ki" mənalarını ifadə edən zaman zərfidir.

Mənsubiyyət şəkilçisində sağır nun səsinin iştirakı şairin "Gərəkməz" "Qaşıŋla kirpiyiŋ çün seyd eylədi cahanı, Səyyad olana ayruq tirü kəman gərəkməz", həmçinin

“İrəməz” rədifli qəzəlində “Buldu köŋlüm səniŋlə şol vüslət, Kim, anıŋ vəsliŋə vüsal irəməz” müşahidə edilir. Böyük şairin elə beytləri vardır ki, bir beytdə bəzən dörd və daha artıq sözdə mənsubiyyət şəkilçisinin tərkibində sağır nun sonorunun iştirakına rast gəlirik:

Şövqüŋ qışıŋdan ağlayıcı, güz tökər yaşıŋ,
Vəsliŋ günüŋə döndərü güldür baharimi. (3.s. 85)

Şairin “Gəlgil ki, qapdı şövqi-camalın qərarimi...” mətləli qəzəlinin səkkizinci beytindən təqdim etdiyimiz bu nümunədə beş sözdə sağır nun səsi II şəxs mənsubiyyət şəkilçisinin tərkibində işlənmişdir. Beytin lüğət tərkibinə nəzər saldıqda aydın olur ki, cəmi iki sözün “güz” və “vəsl” sözləri müasir ədəbi dilimizdə anlaşılmır, digər sözlər isə Azərbaycan dilində ümumişlək söz kimi bu gün də işlənir.

İ. Nəsiminin Hürufilik təriqətinin əsasını qoymuş Fəzlullah Nəimiyə ünvanladığı “Əfəndim” rədifli qəzəlinin demək olar ki, hər beytində sağır nun ünsüzü ilə formalaşmış mənsubiyyət şəkilçilərinə rast gəlmək mümkündür:

Eşqiŋdə Nəsimi çü qılır canıŋı qurban,
Qurbanıŋa qurban olayım, canım əfəndi. (3.s. 86)

Analoji halı şairin “Deyilmi” rədifli qəzəlində də müşahidə edə bilərik. Qəzəlin mətlə beytində həm alınma, həm də milli mənşəli sözlərdə mənsubiyyət şəkilçisinin tərkibində sağır nun samiti iştirak edir:

Cəmalıŋ rövzeyi-rizvan deyilmi?
Dodağıŋ çeşmeyi-heyvan deyilmi? (3. 101)

Beytin ilk misrasında işlənmiş “camal” üz deməkdir, “rövzeyi-rizvan” izafət tərkibi ərəb-fars mənşəli birləşmə kimi “cənnət bağı”, “behişt” deməkdir. İzafət tərkibində işlənmiş sözlərin lüğəvi mənasına tək-tək yanaşsaq o zaman “rövzə” sözünü “bağça”, “rizvan”ı isə “cənnətin qapıçısı” kimi də anlamaq mümkündür. Şübhə yoxdur ki, bir çox şeirlərində teoloji faktları ifadə etmiş şairin bu beytində də dini motivləri ifadə edə bilər. Beytin ikinci misrasında da yalnız “çeşmeyi-heyvan”ın izahına ehtiyac duyulur. Klassik Azərbaycan poeziyasında “çeşmeyi-heyvan” “dirilik suyu” anlamında işlədilmişdir. Nəsimi və ondan sonra yazıb-yaratmış orta əsr şairlərinin əksəriyyəti gözəlin dodağını bu məcaz vasitəsi ilə təsvir etmişlər.

Azərbaycan ədəbi dilinin tarixini şərti olaraq iki əsas təşəkkül və sabitləşmə dövrlərinə ayırmış görkəmli türkoloq alimlər T. Hacıyev və K. Vəliyevin Azərbaycan dili tarixi əsərində qeyd edilibdir ki, müasir ədəbi dilimizin fonetik və qrammatik quruluşu ədəbi dilin təşəkkül mərhələsindən sabitləşmə dövrünə- XVII əsrə qədər dəyişmədən olduğu kimi qalmışdır: “XVII əsrdən bugünkü fonemlər sistemi, belə görünür ki, yalnız sağır ŋ ilə fərqlənir. Ancaq əslində həmin səs müasir dilimizdə də qalır, sadəcə olaraq əlifbada qrafik işarəsi yoxdur. ”(10. s.50) Əminliklə söyləyə bilərik ki, sağır nun səsinin Azərbaycan ədəbi dilinin təşəkkül dövründə mövqeyinin möhkəmlənməsində İ. Nəsimi poeziyasının ciddi rolu olmuşdur. Nəsiminin poetik mətnlərini nəzərdən keçirdikdə aydın olur ki, onun yazılı mətnlərində dilin fonetik, leksik və qrammatik quruluşu müasir ədəbi dilimizin linqvistik xüsusiyyətlərinə uyğundur. Məsələn, şairin “Eylədi” rədifli qəzəlinin mətlə beytinə nəzər salaq:

Ayrılıqdan yar mənim bağrımı büryan eylədi,

Özüŋü bir yana saldı, məni bir yan eylədi.(3.s.103)

On dörd sözdən ibarət bu beytin bütün sözləri müasir ədəbi dilimizdə ümumişlək sözdür. Digər tərəfdən nümunəni müasir ədəbi dilimizin orfoqrafik və orfepik normaları ilə müqayisə etsək, yenə də heç bir fərq müşahidə edilməyəcək. İkinci misrada "Özüŋü " sözü əlifbamızda sağır nunun olmaması səbəbindən bu şəkildə yazılmasa belə, tələffüzdə istifadə edilir. Beytin qrammatik xüsusiyyətləri, morfoloji göstəriciləri də müasir ədəbi dilimizə uyğundur. Belə ki, ilk misrada çıxışlıq halda "ayrılıqdan" , adlıq hallı "yar", müəyyən təsirlik halda olan "bağrımı" ismi, yiyəlik halda "mənim" şəxs əvəzliyi, yandırmaq mənasında "büryan eyləmək" feili işlənmişdir. İkinci misra mənsubiyyət və təsirlik hal şəkilçili "özüŋü " qayıdış əvəzliyi, təsirlik halda olan "məni" I şəxsin təki olan şəx əvəzliyi, "bir yana" yer zərfi və şühudi keçmiş zamanlı "saldı" sadə feili işlənmişdir. Beytin tərkibində işlənmiş cümlələrə sintaktik cəhətdən yanaşdıqda aydın olur ki, hər iki misra sadə, geniş, müəyyən şəxsli, nəqli cümlələrdən ibarətdir.

Böyük Nəsimini elə misraları vardır ki, həm lüğət tərkibi, həm qrammatik xüsusiyyətlər həm də janr xüsusiyyətləri baxımından müasir dövr poeziya nümunələri ilə səsləşir:

Köŋlümüz bir yar əlindən xəstədir,
Gözü qara, qaşları peyvəstədir.
Naz edərsə, nazıŋı çəkmək gərək,
Can fəda qılmaq gərək növrəstədir.(3. s. 583)

Təqdim etdiyimiz bəndin istər fonetik tərkibi, istər lüğət, istərsə də qrammatik və janr xüsusiyyətləri müasir ədəbi dilimizə tam uyğun şəkildədir.

İ. Nəsiminin yazılı mətnlərini nəzərdən keçirdikdə diqqəti cəlb edən məqamlardan biri də odur ki, onun şeirlərində sağır nun samitinin iştirak etdiyi II şəxsin təkinin mənsubiyyət şəkilçisi həm alınma, həm də milli mənşəli sözlərin tərkibində işlədilmişdir. Məsələn, şairin aşağıdakı misralarında sağır nun səsi ərəb mənşəli "qəbqəb" "çənənin alt hissəsi, buxaq" sözündə II şəxsin təkini ifadə edən mənsubiyyət şəkilçisinin tərkibində işlənibdir:

Oldu çün abi-müəlləq qəbqəbiŋ,
Kuyi-simindürür əlhəq qəbqəbiŋ..(3.s. 595)

Eyni halı şairin aşağıdakı misralarında da müşahidə etmək mümkündür:

Sərvəra, sərvi-rəvandır qamətiŋ,
Aşiqə ruhi-rəvandır qamətiŋ..

Ərəb dilindən dilimizə keçmiş "qamət" "boy-buxun" deməkdir. Şairin digər şeirində fars mənşəli dodaq mənasını ifadə edən "ləb" sözündə sağır nun sonorunu II şəxsin təkini bildirən mənsubiyyət şəkilçisində müşahidə edə bilərik: "Tən edər qənd ilə bala ləbləriŋ, Rəng verir yaqütü lələ ləbləriŋ...".

Sağır nunu milli mənşəli sözlərdə işlənmiş II şəxsin təkini bildirən mənsubiyyət şəkilçisinin tərkibində daha çox müşahidə etmək mümkündür:

Bənzəmiş mahi-hilalə qaşlarıŋ,
Başladı məkr ilə alə qaşlarıŋ...

Digər şeirlərində isə ardıcıl olaraq “göz”, “kirpik”, “bən”,, “ağız” “diş” sözlərində sağır nun sonorunu müşahidə edə bilirik: “Mənə ol dəm naz ilə baxdı gözüŋ, Hicr oduŋa caŋımı yaxdı gözüŋ”; “Tiz edər caŋıma xəncər kirpiyiŋ, Qıldı dil mülkün müsəxxər kirpiyiŋ...”; “Mişki-tərdən danələr can bənləriŋ, Rövşən etdi ənbərəfşan bənləriŋ...”; “Caŋıdır çün abi-heyvan ağzıŋın, Zindəsidir cism ilə can ağzıŋın...”; “Riştəyə gövhərdir, ey can dişləriŋ, Dürri-yetimdir firavan dişləriŋ...”

Nəsiminin bəzi şeirlərində isə sağır nun alınma və milli sözlərdə qarışıq şəkildə işlənir:

Ey günəş üzlü, camalıŋ fitnədir?
Hünü miniŋ, eynü dalıŋfitnədir.
Ey büti-gülçöhrə, alıŋ fitnədir.
Ğəmzə cadu, zülfü-xalıŋ fitnədir.(3.s. 583)

**Nəticə**

Onun yazılı mətnləri üzərində apardığımız tədqiqat zamanı təkcə onun yazıb yaratdığı dövrdə sözlərin səs tərkibini müəyyən edərkən, sağır nunun Nəsimi şeirində mövqeyini öyrənərkən Azərbaycan dilinin lüğət tərkibi, qrammatik quruluşu haqqında da ətraflı, ciddi elmi faktlara rast gəlmək mümkündür. Böyük şairin nəzm numunələrində müasir Azərbaycan dilinin əsasını təşkil edən orfoqrafik xüsusiyyətlər, leksik əlamətlər, qrammatik normaların qorunub saxlandığının şahidi oluruq. Onun şeirlərinin dil üslub xüsusiyyətləri üzərində tədqiqat apardıqca bir daha aydın olur ki, Nəsimi poeziyası müasir Azərbaycan dilinin formalaşmasında ciddi əhəmiyyətə malikdir. Klassik Azərbaycan şeirinin ən gözəl nümunələrini yaratmış Nəsiminin əsərləri, əlyazma nüsxələri dövrün xəttat və katibləri tərəfindən toplanmış, bəzi əsərlərinin isə səliqə ilə ərəb əlifbaası ilə üzü köçürülmüşdür. XIX-XX əsrlərdə Nəsimi yaradıcılığını tədqiq edmiş bir çox alimlər onun şeirlərini kiril əlifbası ilə çap etmiş, bu ənənə Azərbaycan müstəqillik əldə etdikdən sonra da davam etdirilmişdir. Xüsusən, Azərbaycan Respublikasının Prezidenti İlham Əliyevin “Azərbaycan dilində latın qrafikası ilə kütləvi nəşrlərin həyata keçirilməsi haqqında” 12 yanvar 2004-cü il tarixli sərəncamı ilə böyük şairimiz Nəsiminin “Seçilmiş əsərləri” 1973-cü il nəşrinə əsasən 2 cilddə çap edilmişdir. Lakin həm kiril, həm də latın qrafikalı Azərbaycan əlifbasında sağır nun samitinin əks olunmaması səbəbindən Nəsiminin orjinal əsərlərində sağır nun səsi ilə yazılmış örnəklər yeni nəşrlərdə də əks edilməmişdir. Tövsiyə edərdik ki, gələcəkdə İ. Nəsiminin çap ediləcək yeni nəşrlərində sağır nun səsi əks olunsun.

## Ədəbiyyat siyahısı

1. İ. Hikmət Azərbaycan ədəbiyyatı tarixi (İslamiyyətin zühurundan miladın on səkkizinci əsrinə qədər) iki cilddə Bakı, “Elm və təhsil”2022, 819 s.
2. C. Qəhrəmanov Nəsimi divanının leksikası Bakı, “Elm” nəşriyyatı”, 1970, 567 s.
3. C. Qəhrəmanov Nəsimi divanının leksikası Bakı, “Elm” nəşriyyatı”, 1970, 567 s.
4. Ə. Tanrıverdi Azərbaycan dilinin tarixi qrammatikası, Bakı, “Elm və Təhsil” 2017, 528s.
5. H. Mirzəzadə Azərbaycan dilinin tarixi qrammatikası. Dərslik, işlənmiş və əlavələr edilmiş 2-ci nəşri. Bakı, “azərbaycan Universiteti Nəşriyyatı”,1990, 376 s.

6. Y. Seyidov Əsərləri. 15 cilddə. III cild, Bakı, “Bakı Universitetinin Nəşriyyatı”, 2007, 566 s
7. E. Əzizov Azərbaycan dilinin tarixi dialektologiyası: Dialekt sisteminin təşəkkülü və inkişafı. Bakı, “Bakı Universitetinin Nəşriyyatı”, 1999, 354 s.
8. Q. Kazımov Azərbaycan dilində ikihecalı sadə feillər, Bakı, “Avropa” nəşriyyatı”, 2018, 192 s.
9. K. Bəşirov Türk dillərinin müqayisəsi; oğuz qrupu türk dillərində morfoloji kateqoriyalar. Dərs vəsaiti. Bakı, “Elm və təhsil”, 2018, 408 s.
10. T. Hacıyev K. Vəliyevin Azərbaycan dili tarixi Bakı, “Maarif” 1983, 187 s

# POSSIBILITIES FOR THE USE OF THE VELAR CONSONANT “ŋ” IN THE POETIC TEXTS OF THE 14TH-CENTURY AZERBAIJANI POET IMADADDIN NASIMI.

**Mammadov Bahram Jafar**
PhD in Philology
Head teacher of the Department of Azerbaijani Language and its Teaching Technology, ASUU
ORC1D: 0000-0002-3631-1412
Baku, Azerbaijan

**Abstract:**
The artistic mastery, defiant verses, and philosophically and socially profound works of Imadaddin Nasimi—the founder of Azerbaijani philosophical poetry who lived from 1369 to 1417—infused classical Azerbaijani poetry with a new spirit and played a pivotal role in its formation. Furthermore, the poetic texts of Nasimi that have survived to the present day serve as a vital source for tracing the history of the modern Azerbaijani literary language. The article titled "Usage Patterns of the Velar Consonant 'ŋ' in the Poetic Texts of the 14th-Century Azerbaijani Poet Imadaddin Nasimi" examines the placement of the velar consonant "ŋ" within Nasimi's written works. It discusses texts transcribed by various calligraphers and scribes of the era, as well as the orthographic characteristics of these texts. Additionally, the article analyzes the content and the thematic-artistic qualities of Nasimi’s ghazal featuring the *radif* (refrain) "Yetirdim."

**Key words:** consonant, ghazal genre, orthographic features, historical text

# ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ИДЕИ В НАСЛЕДИИ НИЗАМИ ГЯНДЖЕВИ

**Велибекова Роза Джафар**
старший преподаватель
Кафедра азербайджанского языка и педагогики
Азербайджанский университет архитектуры и строительства
Азербайджан

**Реюме**

В статье исследуются прогрессивные педагогические взгляды на обучение и воспитание в поэмах великого мыслителя Восточного Возрождения XII века Низами Гянджеви. Автор раскрывает заложенную в произведениях поэта модель субъект-субъектных отношений (сотрудничество учителя и ученика), концепцию совершенного человека и гуманистические методы воспитания. Показано, что эти идеи, выдвинутые в противовес суровым авторитарным методам средневековья, созвучны принципам современной национальной системы куррикулума, базирующейся на диалоге и взаимном доверии. Наряду с этим в статье анализируются взгляды поэта на роль треугольника «наследственность, среда и воспитание» в формировании личности, а также принцип единства обучения и воспитания, не отделяющий усвоение научных знаний от духовно-нравственных ценностей.

**Ключевые слова:** Низами Гянджеви, обучение, воспитание, разум, отношения «учитель — ученик», классно-урочная система, поэма, идейная линия

**ВВЕДЕНИЕ**

Если мы хотим построить учебно-воспитательную работу и систему образования в целом на национальном фундаменте, нам, прежде всего, необходимо глубоко изучить наши национально-духовные ценности. Наш общенациональный лидер Гейдар Алиев в своих выступлениях и речах неоднократно подчеркивал: «Молодой человек, который плохо знает наши национальные ценности, наши национальные традиции, нашу историю, не может быть патриотом» (Алиев, 1996, 2 февраля). Эта мысль великого лидера нашла свое отражение и в «Государственной стратегии по развитию образования в Азербайджанской Республике», утвержденной Распоряжением Президента Азербайджанской Республики от 24 октября 2013 года. Сокровищница духовности нашего народа, обладающего древней культурой и глубокими историческими корнями, отличается и высоко ценится в мировом масштабе благодаря своему богатству. Для того чтобы быть истинным хозяином этого достояния, обогащать и сохранять его, перед педагогической наукой стоит одна из наиболее актуальных задач — проникнуть в самые глубокие пласты этой сокровищницы в свете нашей национальной идеологии и сквозь призму нового педагогического мышления.

Одним из ценнейших и непреходящих жемчужин нашей духовной сокровищницы является литературно-педагогическое наследие, оставленное нам незаходящим солнцем мировой поэзии Низами Гянджеви. Вот уже почти девять веков это наследие используется как «учебник нравственности», и оно будет востребовано еще многие столетия.

По мере изучения творчества великого Азербайджанского поэта Низами Гянджеви становится очевидным, что невозможно найти такую область — будь то жизнь, вселенная, общество или природа, — в связи с тайнами и сутью которой мы не встретили бы его мудрых размышлений. Тот факт, что в центре всего наследия этого великого мастера слова стоит человек, его величие и создание образцов высочайшего духовного благородства, возвысил его до уровня творца не только своего народа, но и всего человечества. Как в лирическом, так и в богатом эпическом наследии великий мастер выражал свое отношение к различным проблемам через многогранные образы и разнообразные жизненные сюжеты, стремясь найти пути их решения. Одним словом, человек, обуздавший свои страсти, верный, надежный, чуждый злобы и обид, преданный в дружбе, живущий своим честным трудом, относящийся к окружающим с почтением, а ко всему человечеству — с любовью и уважением, чье сердце полно милосердия, — именно такой человек был главным объектом идеала и устремлений Низами.

Как известно, в эпоху Средневековья в Азербайджане детям из бедных слоев населения было крайне трудно получить образование и воспитание. В эпоху Низами учебные заведения состояли в основном из небольшого числа моллахан (духовных школ), а в редких случаях — из медресе. Тем не менее, именно в период Средневековья Азербайджан подарил человечеству такую выдающуюся и гениальную личность. Настоящее имя Низами — Ильяс, а имя его отца — Юсиф. Имя «Низами» является творческим псевдонимом поэта и означает «слагающий стихи», «упорядочивающий». Слово «Гянджа» в его имени указывает на место его рождения. Говоря о творчестве Низами Гянджеви, прежде всего необходимо отметить, что он вошел в историю мировой литературы как автор пяти поэм, написанных в форме маснави: «Сокровищница тайн» (1175 г.), «Хосров и Ширин» (1180 г.), «Лейли и Меджнун» (1188 г.), «Семь красавиц» (1196 г.) и «Искандер-наме» (1203 г.), то есть как автор «Хамсе». Название «Хамсе» (Пятерица) поэме, принесшей Низами Гянджеви всемирную славу, позже дали переписчики и тазкиренависы (литературоведы). Сам же Низами Гянджеви называл свои поэмы «Пяндж Гяндж» (Пять сокровищ).

Среди этих произведений великого поэта его первая крупная поэма «Сокровищница тайн», написанная как назире (поэтический ответ) на произведение Санаи Газневи «Хадикат аль-хакика» («Сад истин»), золотыми буквами вписана в страницы литературы Ближнего и Среднего Востока как ценнейший образец жанра дидактической поэмы и как выдающееся художественное произведение. Поэма, привлекающая внимание разнообразием своего содержания, состоит из введения, 20 макалятов (бесед) и 20 небольших

рассказов, иллюстрирующих эти беседы эпическими картинами. Как и все поэмы поэта, «Сокровищница тайн» начинается с минаджата (восхваления Бога и молитвы) и традиционно делится на части: наат (восхваление Пророка), мадхийя (восхваление правителя) и фахрийя (самовосхваление поэта). Несмотря на отсутствие единой сюжетной линии, в поэме «Сокровищница тайн» поэт сосредоточил главное внимание прежде всего на вопросах обучения и воспитания общества, к которому он принадлежал. Поскольку Низами Гянджеви отвел в этой поэме широкое место различным вопросам морально-воспитательного и назидательного характера, он назвал её «Махзан аль-асрар» («Сокровищница тайн»). Поэт посвятил эту поэму правителю Эрзинджана Фахреддину Бахрам-шаху.

**ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР**

Стоит отметить, что фактор человека и личности, являющийся главной проблемой педагогической науки, проявляется в творчестве Низами системно. Благодаря глубоким познаниям во многих науках (истории, философии, фикхе — мусульманском правоведении, нуджуме — астрономии, медицине и др.) и опираясь на них в своем творчестве, великий мыслитель высказал ценные суждения о личности. Эти гениальные изречения, начиная с его эпохи, широко использовались в обучении и воспитании молодого поколения и продолжают использоваться по сей день. Давая высокую оценку человеческой личности, её разуму, эмоционально-чувственным особенностям, Н. Гянджеви призывал людей к гуманизму, справедливости и соблюдению морально-этических норм (Мамедова, 2021, с. 48–49). Для Низами Гянджеви высшим критерием личности была ценность человека. Среди героев этого поэта, решительно отвергавшего расовую, национальную и религиозную дискриминацию, мы встречаем представителей тюркских, персидских, арабских, китайских, индийских, негритянских, греческих, грузинских и других народов. Поэт-гуманист не выступает против национальности или религиозных взглядов ни одного из этих героев, принадлежащих к разным вероисповеданиям. Его герои ведут борьбу за справедливость, народное счастье и высокие цели. Уважение к человеческой личности и человеческому труду является одной из ведущих тем в творчестве поэта (Гаджиев, Джафарова, & Мамедов, 2018, с. 77-78).

В седьмой беседе поэмы «Сокровищница тайн» Низами Гянджеви воспевает возвышенную ценность человека, чье влияние простирается выше земных и небесных сфер, что передано в приведённом отрывке. Этот фрагмент подчеркивает высокое достоинство личности, превосходящее все другие творения (Низами Гянджеви, 2004, с.125). По мнению поэта, внешние поступки человека должны быть примерными, а речь и мораль — прекрасными. Говоря «Я — зеркало, отражающее и плохое, и хорошее», гениальный Низами, как видно, высоко ценит простоту и скромность среди положительных нравственных качеств. Безусловно, чем проще человек, чем больше он умеет преклоняться перед народом, тем выше он возвышается в глазах этого народа. Наконец, в

поэме «Сокровищница тайн» Низами Гянджеви завершает свои беседы о современности поучительными и назидательными рассказами.

Низами на примере собственной личности и созданных им изумительных героев представляет собой настоящую школу воспитания, которая побуждает читателей к нравственному очищению и духовному совершенствованию. Возвышая человека как венца творения, он желал его совершенствования, всестороннего развития, сосредоточения в себе благородных и прекраснейших качеств, овладения навыками культурного поведения, манерами общения и широким кругозором. Знакомство с его произведениями, мудрыми и глубокими мыслями рождает в людях, в молодом поколении потребность в воспитании и духовном очищении. Низами четко видел тесную взаимосвязь между умственным воспитанием и другими компонентами воспитания, особенно нравственным, и поэтому чутко подходил к воспитательным аспектам в своем творчестве. Особо подчеркивая эту особенность. По мнению поэта, обучение обогащает ум посредством усвоения глубоких знаний, очищает мораль человека и возвышает его духовность.

Главная задача умственного воспитания заключается в формировании человека, обладающего богатым научным мировоззрением, глубоко познавшего тайны всех наук и в совершенстве владеющего знаниями. Для этого человек должен непрерывно читать и учиться. Это один из основных факторов, способствующих духовному совершенствованию человека и обогащению его морально-нравственными качествами. В рассказе «Повесть о раненом ребенке» из поэмы Низами «Сокровищница тайн», который также оценивается как пример детского чтения, повествуется о важной роли разума в жизни человека. Когда несколько детей играют вместе, один из них падает и получает травмы. Товарищи предлагают бросить его в колодец. Однако один из них, у которого не было хороших отношений с этим ребенком, не слушает совета товарищей и, полагаясь на собственный разум, доставляет эту весть отцу раненого мальчика.

Став серьезным, он к друзьям повернулся тогда:
– Не должна оставаться в секрете беда!
Обвинят лишь меня. Я ведь враг ему, знают,
И вину за паденье на меня возлагают.
– Пусть придет и поможет! – И ловкий малец
Побежал, чтоб узнал обо всём сам отец (Низами Гянджеви, 2004, с.45.).

В этом рассказе Низами проповедовал превосходство разума как основную идейную линию. По мнению поэта, благодаря своему разуму и мужеству человек может с честью выйти из любых трудностей.

В чьем существе заложена мудрости суть,
Тот к выходу и чести всегда найдет свой путь.
Кто узел, что завязан небом, на земле развяжет?
Лишь тот, кто на небесный свод стопой бесстрашно ляжет (Низами Гянджеви, 2004, с.46).

Из произведения мы видим, что благодаря своему разуму ребенок спасает от беды и себя, и своего товарища.

Наука постигает истину, одно за другим открывая закономерности жизни и тайны природы. Заниматься наукой — это прежде всего искать истину, а искать истину — значит находиться в поисках красоты и открывать её. Ведь истина неотделима от красоты, а красота — от истины. Чувство красоты есть отражение бытия, познание существующей реальности. Человек всем своим существом стремится к красоте, а значит, для того чтобы чувствовать и осознавать подлинную красоту, необходимо постигать науку. Наука — это также и мировоззрение, духовная высота, возвышающая человека. Человек может отличаться от других и занимать более высокое по сравнению с ними положение только благодаря своим знаниям и умениям. Еще в XII веке наш гениальный поэт Низами Гянджеви верно оценил значение науки в жизни человека, её созидательную роль и затронул в своих произведениях ряд научных вопросов. По мнению поэта, люди могут побеждать и добиваться успеха благодаря силе науки. Своё положительное отношение к науке и людям науки Низами передает устами своего героя Искендера. Обращаясь к мудрым изречениям мыслителя о науке, просвещении, знаниях и книгах, мы вновь становимся свидетелями того, чем измеряется величие науки и статус ученого:

Высота определяется не возрастом, а наукой, разумом и честью.
Тот, кто стыдится учиться и познавать,
Тот не сможет в мире мудрость стяжать.
Сила — в науке, иным путем никто
Не сможет возвыситься ни над кем.
Знайте же: среди всех высоких званий,
Звание ученого, безусловно, наивысшее.
Если ты хочешь науку познать,
Стремись во всём мастером подлинным стать.
Уж лучше быть классным шорником, друг,
Чем знать шапочное дело наполовину

Книга — это такое поле, плодами которого могут питаться все, но они никогда не иссякнут (Низами Гянджеви, 2004, с.17).

Низами рассматривал роль прогрессивного обучения и воспитания в развитии общественной жизни как важнейший фактор и отводил этому большое место. Он считал обучение и воспитание одним из средств, имеющих огромное значение для развития общества. Поэтому воспитание патриотичного, способного и высоконравственного человека считалось главной задачей общества. По мнению великого мыслителя, человек, получивший хорошее обучение и воспитание, будучи сторонником здоровых и прогрессивных идей, приобретает в жизни благие привычки и с легкостью справляется со всеми возникающими трудностями:

Счастье зрелостью ума вершится,
Уважай народ, к приличию стремись (Низами Гянджеви, 2004, с.34).

Главные герои всех поэм, входящих в «Хамсе» (Пятерицу), развиваются, формируются как личности и могут подняться на вершину совершенства исключительно благодаря высокому уровню образования, обучения и воспитания. По мнению Низами, наука, образование и овладение знаниями играют огромную роль в формировании совершенного человека.

Согласно художественно-философской мысли поэта, человек должен быть профессионалом и знатоком своего дела.

Он ещё в XII веке подчёркивал, что обучение и воспитание играют важнейшую роль в формировании человека, и выдвигал ценнейшие идеи о сути, значении и формах организации обучения, роли учителя в этом процессе, а также о сотрудничестве в системах «ученик — учитель», «ученик — ученик», «учитель — родитель», «родитель — ученик» и т. д.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Впервые в восточной литературе, а также в истории педагогической мысли именно Низами Гянджеви примерно за восемьсот лет до нашей современной эпохи, в которой эти функции стали наиболее актуальными, отметил в своих поэмах, что наряду с образовательной функцией обучения особое значение в процессе познания имеют его воспитательная и развивающая функции. Как известно, образовательная функция обучения имеет особое значение в формировании знаний, умений и навыков. Ведь эта функция обеспечивает полноту, системность и осознанность знаний. Умения понимаются как комплексные действия, выполняемые на основе усвоенных по соответствующим темам знаний. Если знания и умения, приобретённые в процессе обучения, закрепляются в результате повторения деятельности, они превращаются в навык. Формирование компетенций чтения, письма и работы с учебниками также зависит от уровня приобретённых навыков. Говоря о формах организации обучения в своих произведениях, Низами описывал индивидуальную и классно-урочную модели. Как отмечает профессор Ш. Микаилов, «некоторые литературные герои Низами (Хосров, Бахрам) получают индивидуальное образование, однако в произведениях „Лейли и Меджнун“ и „Искандер-наме“, в подлинном смысле слова, говорится о школе, о классно-урочной системе: например, в поэме „Искандер-наме“ указывается, что Аристотель построил „дом“ для ведения обучения и преподавал там уроки „стам ученикам“» (Микаилов, 1984, с. 47-52).

Тот факт, что в поэме «Лейли и Меджнун» Кейс учился вместе с «целой группой» детей, еще раз подтверждает эту мысль (Гянджеви, 2004, с.95).

Как известно, классно-урочная форма организации обучения впервые в Европе была применена в XVII веке. Однако тот факт, что элементы классно-урочной формы затронуты в произведениях Низами еще в XII веке, показывает, что его творчество имеет высокую ценность не только с художественной, но и с научной точки зрения. В части «Шараф-наме» поэмы «Искандер-наме», в сцене «Обучение Искандера», мы сталкиваемся с принципом взаимного обучения. Отец Искандера, Фейлакус, поручает его обучение и воспитание «наполненному

знаниями» «ученому» Никумашу. Никумаш, помимо того, что дал Искандеру глубокие знания, «царское воспитание, доблесть и вежливость», также поручил его обучение своему сыну — «ученому Аристотелю»:

Соклассник Аристотель, как брату родному,
Был предан всей душой царевичу младому.
И сколько Аристотель от отца наук ни постигал,
Их Искандеру тотчас, в тот же миг передавал (Низами Гянджеви, 1982, с.145).

В этой части произведения мы становимся свидетелями существования принципа сотрудничества между учителем и учеником. Низами высоко оценивал роль учителя в учебно воспитательной работе, особенно в процессе формирования личности. По этой причине поэт создал в «Хамсе» образы таких педагогов, как Бюзюргюмид («Хосров и Ширин»), Манзар («Семь красавиц»), Никумаш, Аристотель («Искандер-наме») и другие, которые привлекают внимание своими энциклопедическими знаниями и высокими моральными качествами. Он высказал идеи о взаимоотношениях учителя и ученика, которые и сегодня не утратили своей актуальности и педагогической ценности. Поэт, чрезвычайно высоко ценивший исключительную роль учителя как в обучении, так и в воспитании, особо затрагивал этот вопрос практически во всех своих поэмах. Так, учителя Хосрова («Хосров и Ширин»), Кейса («Лейли и Меджнун»), Бахрама («Семь красавиц»), а также Искандера, киптиянки Марии и Архимеда («Искандер-наме») — это «ученые» учителя и «мастера»-воспитатели, отличающиеся высокой образованностью и богатой духовностью. Как отмечает профессор Я. Талыбов: «По мнению Низами, учитель должен выделяться своими глубокими знаниями, высокой духовностью и моралью. Описываемые им учителя являются обладателями высокого ума, мудрости, воплощением прекрасной духовности; своими энциклопедическими знаниями они восхищали людей своей эпохи. Они глубоко знали все науки своего времени, а также военное дело, ремёсла, рассуждали о слиянии Земли и неба, о предсказаниях будущего с помощью науки нуджум (астрономии)» (Талыбов, Садыгов, & Гулиев, 2000, с.142). В моменте поэмы «Хосров и Ширин», где повествуется об учителе главного героя Хосрова, мы становимся свидетелями высокого внимания и любви поэта к представителям этой священной профессии. Так, Низами целенаправленно воссоздал в своих произведениях образы учителей, обладающих энциклопедическими знаниями, в том числе Бюзюргюмида, наделенного высоким умом и талантом (Низами Гянджеви, 2004, с.48).

Мунзир — учитель Бахрама Гура, главного героя поэмы «Семь красавиц», также отличается всесторонними знаниями, прекрасным владением арабским, персидским и греческим языками, а также «острым мастерством в науке о звездах» (астрономии), глубоким знанием геометрии и высокими навыками в измерительном деле (Низами Гянджеви, 1983, с.64).

Описываемый поэтом в «Искандер-наме» «ученый Аристотель» представлен в поэме как учитель самого Искандера, а также Архимеда и

киптиянки Марии; он привлекает внимание как обладатель энциклопедического ума и «чистой» морали (Низами Гянджеви, 1982, с.345).

В поэме «Искандер-наме», в главе «Рассказ о киптиянке Марии и её алхимии», Мария, глубоко постигшая «тайны науки» у «ученого Аристотеля», возвращается на родную землю, освобождает её и приходит к власти. Этим поэт хотел сказать, что победить врага возможно не только военной силой, но и силой науки. В этой части мы видим яркий пример умственного воспитания:

Увидела: мудрый, разумный визирь,
Пред группой сидит молодых, их учить...
Увидела: битва — сплошная беда,
И к знаниям с рвением устремилась тогда...
Лишь только учёба — и мысль, и предмет,
И к цели пошла через знание, свет (Низами Гянджеви ,1982, с.540).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Идеи великого поэта, связанные с общими вопросами образования, обучения и воспитания, можно обобщить следующим образом:

-Значение науки, образования, обучения и воспитания в формировании совершенного человека неоспоримо, однако роль самообразования и самовоспитания еще выше.

-Правильно организованное обучение способно поднять даже человека с «тупым разумом» (коразехин) до уровня ученого.

-Успех учебно-воспитательного процесса зависит прежде всего от учителя и воспитателя, а также от интереса самого учащегося к науке, его способностей и таланта. Чтобы давать глубокие знания и хорошее воспитание, учитель сам должен обладать высоким уровнем знаний и относиться к своим ученикам с огромной любовью.

-Роль общественной среды в формировании личности также немала; необходимо общаться с благородными, учеными людьми, чтобы эти качества передавались и тебе.

-В формировании личности велика роль трудовой деятельности; честный труд способствует развитию в людях высших морально-нравственных качеств.

-Эффективность учебно-воспитательной работы зависит также от учета возрастных особенностей. Поэтому обучением и воспитанием ребенка необходимо заниматься своевременно.

Творчество Низами — это неиссякаемая сокровищница. Читатель, сумевший войти в двери этой сокровищницы, не может не восхищаться ее магией. Гений Низами сквозь века служит бесценным примером в воспитании подрастающего поколения. Именно из сути и значимости богатого наследия этой великой личности для человечества и подрастающего поколения вытекает тот факт, что объявление Президентом Азербайджанской Республики господином Ильхамом Алиевым 2021 года «Годом Низами Гянджеви» не было случайным. Если каждый из нас будет черпать мудрость из сокровищницы слова этого великого корифея и сможет привить ее подрастающему поколению, мы осветим

наш мир своими добрыми, светлыми делами и, разжигая в сердцах пламя милосердия, достоинства и гуманизма, послужим спасению человеческого общества от зла и порочных деяний.

На основе вышесказанного мы можем прийти к выводу, что произведения Низами, содержащие морально-воспитательный контекст и пропагандирующие идеи гуманизма, а также национальные и общечеловеческие ценности, составляют содержательную и идейную линию его творчества и играют непосредственную роль в процессе воспитания. Человек может подняться на вершину совершенства, обладая гуманистическими ценностями, составляющими основу творчества Низами, благодаря собственному разуму, интеллекту и высоким моральным качествам. Для достижения всех этих перечисленных качеств необходимо использовать правильные методы обучения и воспитания.

Ценность, которую Низами Гянджеви придавал статусу учителя, методам обучения и диалогу между мастером и учеником, составляет исторические и духовные корни применяемой сегодня в системе образования Азербайджана. Дидактические идеи поэта носят общечеловеческий характер и остаются актуальными для современной педагогики.

## Список литературы

1. Алиев, Г. А. (1996, 9 февраля). Речь Президента Азербайджанской Республики Гейдара Алиева на Первом форуме молодежи независимой Азербайджанской Республики — дворец «Республика», 2 февраля 1996 года. Бакинский рабочий. https:// lib.aliyev heritage. Org /ru/ 1228447.html
2. Гаджиев, А. Н., Джафарова, Э. Г., & Мамедов, И. М. (2018). Введение в мультикультурализм: учебное пособие. Мутарджим.
3. Мамедова, Ш. (2021). Вопросы воспитания в поэмах Низами Гянджеви. Научные труды Института образования Азербайджанской Республики, 88(4), 48–49.
4. Микаилов, Ш. (1984). О педагогических взглядах Низами Гянджеви. Азербайджанская школа, (9), 47–52.
5. Низами Гянджеви.Сокровищница тайн. Баку: Лидер, 2004, 264 с
6. Низами Гянджеви. (2004). Сокровищница тайн (Х. Р. Улутюрк, Пер. и комм.). Лидер, 262с.
7. Низами Гянджеви. (1983). Семь красавиц (М. Рагим, Пер.; Р. Алиев, Ред. и комм.). Язычы.
8. Низами Гянджеви. (1982). Искандер-наме. Шараф-наме. Игбал-наме (А. Шаиг & М. Рзакулизаде, Пер.; Г. Алиев, Ред.; А. Джафар, Комм.). Язычы.
9. Низами Гянджеви. (2004). Хосров и Ширин (Р. Рза, Пер.; М. Султанов, Комм.). Лидер.
10. Талыбов, Я., Садыгов, Ф., & Гулиев, С. (2000). История школы и педагогической мысли в Азербайджане. Унсийят.

# PEDAGOGICAL IDEAS IN THE HERITAGE OF NIZAMI GANJAVI

**Velibekova Roza Jafar**
Senior Lecturer
Department of the Azerbaijan Language and Pedagogy
Azerbaijan University of Architecture and Construction, Azerbaijan

**ABSTRACT**

The article explores the progressive pedagogical views on education and upbringing in the poems of Nizami Ganjavi, the great thinker of the 12th-century Eastern Renaissance. The author reveals the model of subject-subject relationships (teacher-student cooperation), the concept of the perfect human being, and humanistic methods of upbringing embedded in the poet's works. It is demonstrated that these ideas, put forward in contrast to the harsh authoritarian methods of the Middle Ages, resonate with the principles of the modern national curriculum system based on dialogue and mutual trust. Along with this, the article analyzes the poet's views on the role of the "heredity, environment, and upbringing" triangle in personality formation, as well as the principle of the unity of education and upbringing, which does not separate the acquisition of scientific knowledge from spiritual and moral values.

**KEYWORDS:** Nizami Ganjavi, education, upbringing, intellect, teacher-student relationships, classroom-lesson system, poem, ideological line.

## Section: Physical and Mathematical Sciences

# IX SİNİF ŞAGİRDLƏRİNƏ PHYTON MÜHİTİNDƏ PROQRAMLAŞDIRMANIN ÖYRƏDİLMƏSİ METODİKASI

**Rəhimə Qurban Cəlilova**
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitetinin dosenti
Azərbaycan

Xülasə: Məqalədə Python proqramlaşdırma dilinin IX sinifdə öyrədilməsi metodikası əks olunub.

Açar sözlər: Ədədlərlə iş, Sətirlər

ƏDƏDLƏRLƏ İŞ

Motivasiya:

Dərsin motivasiya hissəsində şagirdlər VIII sinifdən öyrənməyə başladıqları Python proqramlaşdırma dilinin başqa imkanları ilə də tanış olacaqlar. Bundan başqa fərqli məsələlərin həll alqoritmlərini yazmağı öyrənəcəklər. Müəllim mövzulara daxil olan bəzi məsələlərin həllini şagirdlərə informatika.edu.az saytında həll etməyi məsləhət görə bilər, çünki İnformatika dərsi həftədə cəmi 1 saat keçilir,vaxt məhduddur.Həmin Saytda ədədlərə aid olan çoxlu sadə məsələlər yerləşdirilibdir.

VIII sinifdə şagirdlər Python dili ilə tanış olmuş, əsas alqoritmik konstruksiyalardan istifadə etməklə proqram tərtib etmişdilər. Məhs buna görədə dərsi VIII sinifdə öyrəndikləri operatorların yazılışına aid olan suallarla başlamaq daha məqsədəuyğun olardı. Məsələn, "Şərt operatorunun yazılışı nəcürdür?", "Niyə bəzi operatorlar proqramın yazılışında sağa sürüşdürlməklə yazılır?" və s.

Dərsin "Fəaliyyət" hissəsində şagirdlər proqramı nəzərdən keçirib suallara cavab verməyə çalışırlar.

```
i = 1
while i <= 10:
      print (i*i)
      i = i + 1
```

Bu proqram ilk on natural ədədin kvadratını hesablayır daha sonra onları bir-bir çapa verir. Burada print operatoru sağa sürüşdürməklə yazılır buna görədə o, dövrün gövdəsinə daxil sayılır. Yox Əgər print operatoru while operatorunanbərabər səviyyədə yazılsaydı, Bu vaxt ancaq i ədədinin 1-ə bərabər olan qiyməti üçün kvadrat hesablanacaqdı və çapa verib dövrdən çıxarardı. Və beləliklə nəticədə i dəyişəninin qiyməti 2 olacaqdı.

Qeyd etmək lazımdırki, yazılmış proqramları kompüterdə yerinə yetirməzdən qabaq onların nəzərdən keçirilib əlnən yerinə yetirilməsi alqoritmin düzgün qurulmasını müəyənləşdirməyə imkan verir.

Daha sonra şagirdlərə Python proqramlaşdırma dilində hazırlanmış proqramın strukturu haqqında danışılır.

Python dilində proqram kodu adi mətn faylı olur. Bu fayl hərf və rəqəmlərdən, durğu, boşluq və digər simvollardan ibarətdir. Mətn sətirlərə bölünürki, Hər bir Python proqramlaşdırma dilinin operatoru bir vəya bir neçə sətirdə yazıla bilər. "\" simvolundan istifadə etməklə bir operatoru bir neçə sətrdə yazmaq mümkündür.

Dərsi izah edərkən müəllimin qabaqcadan Python 3.4.0 redaktorunu açması daha sonra verilmiş proqram kodlarını yerinə yetirməsi məqsədəuyğndur.

SƏTİRLƏR

Python proqramlaşdırma dilində Sətrlər Mövzusu yaxşı olardıki, 2 akademik saat müddətində keçirilsin. 1-ci dərsdə şagirdlər sətirlər üzərində aparılan əməliyyatlarla tanış olurlar daha sonra sadə proqramlar tərtib edirlər. 2-ci dərsdə isə sətirlərin metodlarınan tanış olurlar, çətinlik səviyyəsi fərqli olan məsələlərin alqoritmlərini qururlar və onların Python proqramlaşdırma dilində proqramlarını tərtib edirlər. Müəllim bu zaman daha məqsədəuyğun hesab etdiyi, və ya müəllim üçün metodik vəsaitdə verilən məsələlərdən istifadə edə bilər.

Mövzuya başlamazdan əvvəl şagirdlərə sətirlərə aid olan suallar vermək mümkündür. Artiq şagirdlər VIII sifdə sətir tipli kəmiyyətlər haqqında məlumat larla tanış olmuşlar. "Proqramlaşdırma dilində sətir nədir?" (simvollar ardıcıllığıdır) "Python proqramlaşdırma dilində rəqəmlərdən ibarət sətir ədəddən nəcür fərqləndirilir?" (birqat və ya ikiqat dırnaq arasında yazılır və sətir kimi emal olunur)

Bundan sonar sətirlər haqqında məlumatlar verə bilər:

Python proqramlaşdırma dilində çox istifadə olunan kəmiyyətlərdən biri sətirlərdir. Sətirlər hər hansı simvolların ardıcıllığıdır. Sətirlər, əsasən, tək dırnaq (') işarələri arasında yazılır, lakin bu məqsədlə adi dırnaq (") işarəsindən də istifadə oluna bilər, məsələn: 'Açılan hər bir məktəb bir həbsxananın bağlanması deməkdir.', "Nursuz gözə bənzər elmsiz ürək.". Sətir ədədlərdən, hərflərdən, digər simvollardan, eyni zamanda boşluq simvolundan ibarət ola bilər. Sətrləri dəyişənlərə mənimsətmək də mümkündür, məsələn:

a = 'İnformatika ', b = 'Elmi'.

Daha sonra şagirdlərə dərsliyin "Fəaliyyət" hissəsində göstərilmiş proqramı Python proqramlaşdırma mühitində yazıb sonra icra etmək təklf olunur. – Proqramda sətr tipli kəmiyyətdən istifadə edilib.Proqramda print operatorlarının nəticələri müxtəlif olacaq.

```
s1 = 'a'
s2 = 'l'
s3 = 'p'
print (s1 + s2 + s3)
print ("a", "l", "p")
```

```
>>>
alp
a l p
```

Onları bərabər etməkdən ötrü print operatorunu belə yazmaq olar:

print (s1+ " + s2 + " + s3)

Bundan sonra sətirlər üzərində aparılması mümkün olan əməliyyatlar haqqında danışılır. Yaxşı olarki şagirdlərə nəzəri hissə izah edilərkən proyektordan istifadə edilsin.

Ədədlərdə olduğu kimi, sətirlər üzərində də müxtəlif əməliyyatlar aparılır. Məsələn, 2 sətrin cəmi onların bir-birinə "birləşdirilməsindən" əmələ gələn yeni sətirdir.

```
a = 'İnformatika ', b = 'Elmi'.
>>> c = a + b
>>> print (c)
İnformatika elmi
```

Sətirlərdə hər bir simvolun dayandığı yerdən asılı olaraq özünün nömrəsi olur. Həmin nömrədən bu simvolun tapılması, və ya sətirdən kəsilib ayrılması üçün istifadə etmək mümkündür. Sətirdə simvolların nömrələnməsi Python proqramlaşdırma dilində 0-dan başlanılır. 2-ci simvolun nömrəsi 1, 3-cünün 2 və belə davam edir. Proqramlaşdırma dilində həmin nömrə indeks adlanır. İndeksə görə sətirdə konkret simvolu müəyyən etmək mümkündür. Məsələn:

```
>>> a = ' Proqramlaşdırma '
>>> a[ 5]
' R '
```

Bundan başqa 2 indeksdən istifadə etməklə sətrin müəyyən bir hissəsini ayırmaq mümkündür. O kəsik adlanır.

```
>>> a = [ 0 : 7 ]
' Proqram '
```

Sətirlərin kəsilib ayrılması əməliyyatında şagirdlərin diqqətini 2-ci indeksə yönləndirmək lazımdır:bu zaman indeks göstərilsə də, həmin simvol həmin kəsilib ayrılmış sətirdə olmayacaq. Başqa sözlə desək,indeksin mövqeyində duran simvol kəsilmiş hissəyə aid edilmir. Diqqət etmək lazımdır ki, 2- ci indeks olaraq 7 göstərilsə də, həmin bu mövqedəki simvol ayrılmış sətirdə yoxdur. Deməli , 2 – ci indeksin mövqeyində duran simvol kəsiyə daxil edlmir. Bu zaman bu indekslərdən hər hansı birini göstərməmək mümkündür. Burada əgər 1 – ci indeks buraxılıbsa, Python proqramlaşdırma dili avtomatik olaraq kəsiyə sıfırıncı simvoldan başlayır, yox əgər 2 - ci indeks buraxılıbsa, axıra kimi bütün simvolları götürür.

```
>>> a = [ : 7 ]
' Proqram '
>>> a = [ 8: ]
' aşdırma '
```

Sətirdəki bütün simvolların sayı (boşluq simvolları daxil olmaqla ) sətrin uzunluğu adlanır. Bu vaxt xüsusi len() funksiyası vasitəsi ilə sətrin uzunluğunu müəyyən etmək mümkündür.

```
>>> len (a)
15
```

Bildiyimiz kimi, proqram işləyən zaman istifadə olunan bütün verilənlər kompüterin əməli ( müvəqqəti ) yaddaşında saxlanılır. Proqram digər qaynaqlarda

duran verilənlərə xarici verilənlər kimi görür. Verilənlərin xarici mənbələrdən alınması əməliyyatı giriş yaxud daxiletmə, verilməsi əməliyatı isə çıxış adlanır. Sətir tipli kəmiyyətləri ədədi verilənlərdə olduğu kimi klaviatura vasitəsi ilə proqrama daxil etməkdən ötrü input() funksiyasından istifadə edilir.Həmin funksiya daxil olunan kəmiyyəti sətir kimi qəbul edir. Məsələn,

a = input() komandasının icrası vaxtdı klaviaturada 231 ədədini yığıb klavşini basdıqdan sonra a dəyişəni 231 qiymətini yox, '231' qiymətini alır:

a = '231'. Buna görə də bəzən kəmiyyətləri bir tipdən başqasına çevirmək lazım olur. Digər proqramlaşdırma dillərində olduğu kimi, Python proqramlaşdırma dilində də həmçinin kəmiyyətləri bir tipdən başqasına çevirmək üçün nəzərdə tutulan müəyyən funksiyalar vardır. Məsələn, ədədi sətrə çevirməkdən ötrü str() funksiyasından, sətri ədədə çevirməkdən ötrü isə int() funksiyasından istifadə edilir. Məsələn,

```
>>> int ( '231' )
231
>>> str ( 231)
'231'
```

Verilənləri çap etmək üçün, başqa sözlə desək, çıxışa verməkdən ötrü Python proqramlaşdırma dilində print() funksiyası nəzərdə tutulubdur. Bu funksiya köməyi ilə eyni zamanda həm dəyişənlərin qiymətlərini, həm də mətnləri çıxışa vermək mükündür.

```
>>> a = 14
>>> print('Orxanın', a, 'yaşı var.')
Orxanın 14 yaşı var.
```

Bu misalda print() funksiyası qiymətlərin hamısın bir sətirdə çıxışa verir, onları bir-birindən ayırmaqdan ötrü aralarına boşluq simvolu artırır. Lakin qiymətləri ayırmaqdan ötrü digər üsullar da vardır. Məsələn, çıxışa verilən qiymətlərin arasına vergül (,) defis (-) kimi simvollar da qoymaq mümkündür. Ayırıcı kimi istifadə edilən simvol sep parametri köməyi ilə göstərilir (məsələn: sep = '-'). Bu zaman əgər sep = '\n' olsa, hər bir qiymət yeni sətirdə çap ediləcəkdir.

Print funksiyasında sep parametrini izah edərkən nümunədən istifadə etmək mümkündür.

```
>>> a=20
>>> print ('Orxanın', a, 'yaşı var', sep = ' - ')
Orxanın - 20 - yaşı var
>>> print ('Orxanın', a, 'yaşı var', sep = '\n ')
Orxanın
 20
 yaşı var
```

Bütün tip kəmiyyətlər üçün çıxışı daha səliqəli etməkdən ötrü sep parametrindən istifadə edilir.

Dərsliyin "Fəaliyyət-2" hissəsində şagirdlərə tapşırıq həll etmək təklif olunur. Bu zaman şagirdlər proqram kodunu yazmaqda çətinlik çəkərlərsə, bu vaxt müəllim

qabaqcadan alqoritmi izah etməsi lazımdır. Alqoritmi başa düşdükdən sonra proqramın yazılması daha asan başa düşülür. Ancaq bundan sonra kodu yazmaqda şagirdlərə köməklik göstərmək olar. Əgər sinifdə tapşırıqların hamısının həlli çatdırılmasa ev tapşırığı kimi verilə bilər.

```
s = input()
print(s[2])
k = len  (s)
print (s[k-1])
print (s[0:5])
print (s[0:k-2])
print ('Sətrin tek indeksli simvolları çıxışa verilir')
for i in range(0,k//2):
    print(s[i*2+1])
print('Sətrin cut indeksli simvolları çıxışa verilir')
for i in range(0,k//2):
    print(s[i*2])
print ('Sətrin uzunluğu=',k)
```

Mövzunun geri qalan hissəsi 2-ci akademik saatda tədris edilməsi məsləhətdir. Dərsin bu hissəsində obyektin metodlarından bəhs edilir. Yaxşı olarki metodlar şagirdlərin gözü qabağında olsun.Bunun üçün onları vərəqdə çap etmək, və ya proyektorun köməyilə nümayiş etdirmək məqsədəuyğun olar.

Bildiyimiz kimi, hər bir obyektin müəyyən xassələri vardır. İnformatikada bu xassələrin 2 növü ayrılır: hərəkət xassələri və əlamət xassələri. Obyektin əlamət xassələri, sadəcə olaraq, obyektin xassələri, hərəkət xassələri isə obyektin metodları adlanır.

Proqramlaşdırma dillərində hər hansı obyektin metodunu göstərməkdən ötrü xüsusi yazılışdan istifadə edilir: Bu zaman ilk öncə obyektin adı, daha sonra isə onun metodu yazılır, onları birbirindən ayırmaq üçün isə aralarına nöqtə qoyulur (məsələn: s1.count(s0), s1.replace(s2,s3)) Python proqramlaşdırma dilində sətirlərə obyekt kimi baxılır , hər bir obyektdə olduğu kimi onların da öz metodları mövcuddur. Onlardan ən çox istifadə ediləni isə find metodudur. Bu metod göstərilmiş sətirdə onun altsətrini tapmaqdan ötrü nəzərdə tutulubdur. Bu zaman axtarılan altsətir tapılsa, metod altsətrin 1 – ci dəfə rast gəlindiyi yerin indeksni qaytarır. Yox əgər axtarılan altsətir tapılmasa, metod -1 qiymətini qaytarır. Məsələn:

```
>>> S = 'Maraqlanıb soruşmaq bilik əldə etməyin yarısıdır.'
>>> print(S.find('bilik'))
20
>>> print(S.find('ar'))
1
>>> print(S.find('kitab'))
-1
```

find metodunun digər parametrlərin də olması mümkündür. S.find(K, x, y) yazılışı S sətrində K altsətrinin S[x:y] kəsiyində axtarıldığını bildirir. Lakin nəzərə alınmalıdır ki, S.find(K, x, y) metodunun qaytardığı qiymət K altsətrinin kəsikdəki indeksi yox, S sətrindəki indeks götürülür.

Şagirdlərə soyadlarını və adlarını klaviaturadan daxil edən və onların yerlərini dəyişərək çıxışa verən proqramı yazmaqları tapşırılır:

Bu zaman şagirdlər ilk öncə proqramda təsvir olunacaq dəyişənləri təsvir etməli,sonar məsələnin həll alqoritmini tərtib etməli və sonda proqramı yazmalıdırlar.

```
s = input()
p = s.find(' ')
soyad = s[:p]              # birinci söz - soyad
ad = s[p + 1:]             # ikinci söz - ad
s = ad + ' ' + soyad
print(s)
```

**Ədəbiyyat**

1. Qəhrəmanov, A., Cəfərova, İ. (2015). Python proqramlaşdırma dili. Bakı: "Müəllim" nəşriyyatı, 123 s. ISBN 978-9952-8293-1-0.
2. Mahmudzadə, R., Sadıqov, İ., İsayeva, N. (2016). İnformatika – 9: Ümumtəhsil məktəbləri üçün metodik vəsait. Bakı: "Yaznəşr".
3. Mahmudzadə, R., Sadıqov, İ., İsayeva, N. (2016). İnformatika – 9: Ümumtəhsil məktəbləri üçün dərslik. Bakı: "Yaznəşr".
4. Summerfield, M. (2009). Programming in Python 3: A Complete Introduction to the Python Language. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley Professional, 648 p. ISBN 978-0-321-68056-3.

# METHODS OF TEACHING PROGRAMMING TO PHYTON IX STUDENTS IN THE PHYTON ENVIRONMENT

**Rahima Qurban Jalilova**
AssociateProfessoroftheAzerbaijanStatePedagogicalUniversity

Summary: This article describes the methodology of teaching Python programming language in class IX .

Key words: Working with numbers, Lines

EUROPEAN OPEN SCIENCE SPACE

DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.011.245-255

# MAIN ASTRONOMICAL, ORBITAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF NEPTUNE'S MOON TRITON

**Vidmachenko Anatoliy Petrovych**
Doctor Phys.-Math. Sci., Professor
Professor of Department of Physics
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

**Abstract.** The study of icy worlds on the outskirts of the Solar System is one of the modern directions of planetary science. A special place in this search is occupied by Triton, the largest satellite of the planet Neptune. It differs significantly from other large satellites of the Solar System. Its unique retrograde and highly inclined orbit is a dynamic indicator that it could not have formed in situ from the circumplanetary gas and dust nebula of Neptune. Triton is currently classified as a captured dwarf planetoid from the Kuiper belt. In recent years, thanks to high-precision ground-based observations of stellar coatings, modeling of tidal evolution and unique data from the James Webb Space Telescope, knowledge about Triton has undergone significant updates. The obtained high-resolution spectra made it possible to map volatile ices in detail, identify complex organic compounds and reveal the unexpected stability of its ultrathin atmosphere. Triton's surface is extremely reflective: its integral Bond albedo is 0.76, indicating fresh deposits of pure volatile ices, which are constantly being replenished by endogenous and seasonal activity. The average surface temperature is only about 38 K. At this temperature, nitrogen, carbon monoxide, and methane are solid, forming a dynamic ice cover that is capable of sublimation and condensation at the slightest temperature fluctuations. Triton's current retrograde orbit determines its long-term dynamic fate. Since the moon rotates in the opposite direction to Neptune's axial rotation, the tidal bulge that Triton perturbs on the planet lags behind its motion. This creates a constant drag force that takes angular momentum away from the moon, causing what is known as tidal braking. Unlike the satellites of the large giant planets, where the subsurface ocean is "squeezed" between layers of high-pressure ice and the upper crust, Triton's ocean is in direct contact with the silicate core. This creates unique conditions for the development of hydrothermal activity on the ocean floor. The interaction of hot silicate matter with water enriches the ocean with complex mineral salts, sulfur, iron and phosphorus compounds, which is critically important even for the potential chemical suitability for life. Triton remains a priority target for future space missions to the far zone of the Solar System.

**Keywords:** Triton, orbital parameters, atmospheric evolution, seasonal changes, chemical composition.

The study of icy worlds on the outskirts of the Solar System is one of the most fundamental areas of modern planetology and astrophysics. Triton, the largest natural satellite of the planet Neptune, occupies a special place in this scientific search. Its

discovery by the English astronomer William Lassell on October 10, 1846, which occurred just 17 days after the identification of Neptune itself, became a significant event in the history of observational astronomy.

For decades, the object did not have an official name, being referred to in scientific publications simply as "Neptune's satellite" or "Lassell's satellite", and only in the middle of the 20th century did the International Astronomical Union officially assign the name "Triton" in honor of the mythical son of the sea god Poseidon. Triton is significantly different from other large satellites of the Solar System. Its unique retrograde and highly inclined orbit is a dynamic indicator that it could not have formed in situ from the gas-dust nebula surrounding Neptune. Triton is now classified as a captured Kuiper belt dwarf planet, making it an evolutionary and physical analogue of the dwarf planet Pluto.

The process of gravitational capture and subsequent tidal circularization of the orbit were accompanied by significant heat release in its interior, which led to the differentiation of this body, the formation of a subsurface ocean, and the launch of powerful endogenous processes.

The source of detailed measurements of Triton for a long time remained data obtained during the flyby of the Voyager 2 spacecraft in August 1989. However, in recent years, thanks to high-precision ground-based observations of stellar coatings, modeling of tidal evolution, and unique data from the James Webb Space Telescope (JWST) obtained in 2022–2023, knowledge about Triton has undergone significant updates. The high-resolution spectra obtained allowed for detailed mapping of volatile ices, identification of complex organic compounds, and the unexpected stability of its ultrathin atmosphere.

Among all the natural satellites of the Solar System, Triton ranks seventh in size and is the gravitational dominant in the Neptune system, concentrating more than 99.5% of the total mass orbiting the giant planet. The physical dimensions of the satellite are characterized by an average radius $R = 1353.4 \pm 0.9$ km and a mass $M = (2.1390 \pm 0.0028) \times 10^{22}$ kg; the acceleration of gravity at the equator is $g = 0.779$ m/s$^2$ (approximately 0.08 of Earth's gravity), and the second cosmic velocity for exiting its gravitational field is $v_{esc} = 1.455$ km/s.

Triton's average density is $\rho = 2.061$ g/cm$^3$. This high density value significantly distinguishes Triton from the icy satellites of Saturn and Uranus, indicating a significant content of heavy rocky materials in its internal structure. The latest geophysical models show that Triton consists of approximately 65–70% by mass of a silicate-metal core and 30–35% of water ice and other volatile compounds. This makes its internal composition very close to the parameters of Pluto and other large trans-Neptunian objects (TNOs).

For a visual comparison of the main parameters of Triton, its dynamical counterpart from the Kuiper belt – the dwarf planet Pluto, as well as the Centaur 2060 Chiron, which exhibits comet-like activity at similar heliocentric distances, a comparative Table 1 is provided below.

Table 1 – Comparison of the physicochemical parameters of Triton, Pluto and the Centaur Chiron

| Physical characteristics | Satellite Triton | Dwarf planet Pluto | Centaur 2060 Chiron |
|---|---|---|---|
| Orbital status | Neptune's satellite | Dwarf planet | Active Centauri |
| Average radius (R), km | 1353,4±0,9 | 1188,3±1,6 | ≈105±10 |
| Mass (M), kg | $2{,}1390\times10^{22}$ | $1{,}3030\times10^{22}$ | $\approx2\times10^{18}$ |
| Average density (ρ), g/cm³ | 2,061 | 1,854 | ≈0,4−0,5 |
| Acceleration of gravity (g), m/s² | 0,779 | 0,620 | ≈0,05 |
| Bond albedo | 0,76 | 0,72 | ≈0,15 |
| Surface temperature, K | 38 (average) | 44 (average) | 70−130 (depending on heliocentric distance) |
| Atmospheric pressure, μbar | 14,0−14,5 (in 2022) | 10−20 (variable) | Absent (temporary coma) |
| Surface ices | $N_2$,$H_2O$,$CO_2$ ,CO,$CH_4$ | $N_2$,$CH_4$,CO,$H_2O$ | $H_2O$,$CO_2$,CO, organics |

Triton's surface is extremely reflective: its integral Bond albedo is 0.76, indicating the presence of fresh deposits of pure volatile ices, which are constantly renewed due to endogenous and seasonal activity [6, 13]. Such high reflectivity prevents the satellite from being effectively heated by solar radiation. As a result, the average surface temperature is only about 38 K, making Triton one of the coldest objects in the Solar System. At this temperature, nitrogen, carbon monoxide, and methane are in a solid state, forming a dynamic ice cover capable of sublimation and condensation at the slightest temperature fluctuations.

However, the nitrogen ice on Triton is in the warm hexagonal crystalline phase (β-phase), as the surface temperature exceeds 35.6 K (the phase transition temperature between the cubic α-phase and the hexagonal β-phase of nitrogen). This causes a high saturated nitrogen vapor pressure above the surface and supports the existence of a rarefied atmosphere. In contrast to Pluto, which has large dark equatorial zones covered by a thick layer of ancient tholins (e.g., the Cthulhu region), Triton is globally bright and does not exhibit such large-scale dark areas. This indicates much more intense and global processes of redeposition of volatiles, which continuously renew the surface layer of the satellite.

The gravitational architecture of the Neptune system is anomalous and contrasts sharply with, for example, the regular satellite systems of Jupiter, Saturn, and Uranus [10, 20, 22, 24]. The main reason for this disproportion is the presence of Triton, which, due to its dominant mass, completely subjugated the periplanetary environment. The capture of Triton by Neptune from its heliocentric orbit was the central catastrophic event in the history of this system. It is believed that Triton was originally part of a massive binary planetoid of the Kuiper belt (similar to the Pluto-Charon system). When this system approached Neptune at a critical distance, powerful tidal forces broke the gravitational connection between the components of the binary system. One of the components was thrown out of the system onto a heliocentric hyperbolic trajectory,

taking with it excess kinetic energy, while Triton lost speed and moved to a closed, extremely elongated ($e > 0.9$) retrograde orbit around Neptune.

This gravitational capture had devastating consequences for the primary satellite system of Neptune [1, 5, 15], which was probably similar to the modern regular system of Uranus. The captured satellite, moving along a highly eccentric retrograde trajectory, began to continuously cross the orbits of the primary satellites. Gravitational perturbations led to the chaos of their motion: the primary satellites experienced direct collisions with each other and with Triton, and were also thrown out of the system. The orbital motion of the primary satellites under the influence of perturbations acquired an eccentricity of about 0.3, which, in conditions of close proximity, led to mutual collisions at velocities significantly exceeding their escape velocities. The estimated time for complete mutual destruction of the primary inner satellites in the zone between the Roche limit and five radii of Neptune is only about 1000 years. All the matter of the primary system was crushed into a giant disk of debris and dust that surrounded the planet for a long time. The modern inner regular satellites of Neptune are "second generation" objects. They accreted from the debris disk after Triton's orbit had undergone tidal smoothing and stabilized. The largest of them, Proteus, has an uneven shape, and on its surface is recorded the giant crater Pharos with a diameter of about 250 km, the appearance of which almost led to another destruction of this satellite.

Moreover, the discovery in 2013 of the small satellite Hippocampus, which orbits only 12,000 km inside the orbit of Proteus, made it possible to formulate a hypothesis about the existence of "third generation" satellites. Calculations show that Hippocampus probably formed from dust and debris ejected from Proteus by a large cometary impact [3, 4, 17], which formed the crater Pharos. This indicates a long and complex history of dynamic renewal of the satellite system under the indirect influence of Triton.

Triton's orbital motion around Neptune is characterized by a high degree of regularity in shape, but a radical anomaly in spatial orientation. The satellite moves at an average distance $a = 354759$ km, which is approximately 14.3 Neptune's radii ($R_N$). Currently, the eccentricity of the orbit is practically zero and is $e \approx 0.000016$; that is, the trajectory of motion is almost a perfect circle. Triton's orbital period is 5.877 days, and due to powerful tidal forces, the satellite is in a state of synchronous rotation: its axial rotation period is exactly equal to the orbital one.

Triton's orbit is inclined to Neptune's equator at an angle of 156.885□. This means that the satellite's motion is retrograde (opposite the direction of the planet's axial rotation). Due to the gravitational influence of Neptune's oblateness, Triton's orbit undergoes constant precession. The rotation of the orbital nodes occurs in a normal direction with a period of about 678 Earth years. This precessional motion leads to the fact that the inclination of Triton's orbit relative to the plane of Neptune's orbit constantly fluctuates within the range of 127□ to 173□. Such dynamics create a unique climatic regime on the satellite: every few hundred years, sunlight directly illuminates one or the other polar region at an angle of up to 50□, which provokes extreme seasonal cycles of volatile transport.

A unique consequence of Triton's orbital and tidal evolution is its direct influence on the orientation of the axis of rotation of Neptune itself. According to recent studies, the current axial tilt of Neptune (28□) is not primary. It arose as a result of a long-term gravitational connection between Triton's spirally decaying orbit and the axis of rotation of the giant planet, which led to the emergence of an age-old resonance. This demonstrates how a single extremely massive captured moon can completely change the kinematic characteristics of its host planet.

One of the main mysteries of Triton's orbital history is the duration of the circularization process of its orbit after capture. It was previously believed that the decay of eccentricity from the initial values of $e \approx 0.99$ to a circular orbit occurred very quickly – in 100−500 million years. However, recent studies [9] have revealed a fundamental feedback between the thermal state of Triton's interior and its ability to dissipate tidal energy. During the circularization process, Triton experienced enormous variable deformations, which led to the generation of heat in its ice shell. This tidal heat melted the ice, forming a global subsurface ocean [8], and left only an extremely thin solid ice crust ($D < 5$ km). However, the thin crust has too little volume for efficient viscoelastic energy dissipation, which has led to a sharp decrease in the rate of tidal friction. This "tidal self-limitation" effect has extended the period of circularization of Triton's orbit by 1.2–4.5 billion years. Such a long orbital evolution helps to explain why the moon's surface remains so young and endogenously active today: tidal heating may have been active almost until the modern era.

Triton's current retrograde orbit also determines its long-term dynamic fate. Because the moon rotates in the opposite direction to Neptune's axial rotation, the tidal bulge that Triton perturbs on the planet lags behind its motion. This creates a constant drag force that removes angular momentum from the moon, causing the so-called tidal braking. As a result of this process, Triton slowly spirals closer to Neptune.

The speed of this approximation depends on the value of tidal dissipation inside Neptune. The first attempts at calculations in the second half of the 20th century predicted the satellite's fall after 100 million years. However, recent studies and modeling have shown that the rate of orbital decay is much lower. Modern models predict that Triton will reach Neptune's Roche limit in about 28 billion years.

The high value of Triton's average density allows us to assert that it has undergone deep gravitational differentiation. The internal structure of the satellite is currently modeled as a three-layer body. In the very center is a massive metal-silicate core with a radius of about 950−1000 km. The density of the core is estimated at approximately 3630 kg/m$^3$. The core contains a significant amount of radioactive isotopes (uranium, thorium, and potassium), the decay of which provides a constant radiogenic heat flux at the level of $(0.75−1.5)\times10^{11}$ W.

Above the core is a powerful hydrosphere with a total thickness of 250 to 400 km. Modern thermophysical calculations prove that this hydrosphere is not completely frozen. Although radiogenic heat alone is not enough to keep water in a liquid state for 4.5 billion years (without additional sources, the ocean would completely freeze in 2–

3 billion years), the presence of tides caused by the tilt of the rotation axis creates a constant source of energy in the lower part of the ice crust.

An important factor in preserving the liquid phase is the chemical composition of the hydrosphere. Cosmochemical models of the formation of bodies in the Kuiper belt predict a high concentration of ammonia ($NH_3$), which can reach 15% of the total mass of ice. Ammonia acts as an extremely effective antifreeze, lowering the eutectic temperature of the $H_2O{-}NH_3$ system to 176 K.

The simulations showed that the preservation of the ocean critically depends on the residual orbital eccentricity after a period of active circularization. At extremely small eccentricities $e \leq 3\times10^{-5}$, the ocean completely freezes over in 2–3 billion years. The presence of a residual eccentricity at the level of $e \geq 0.00004{-}0.00005$ is sufficient to maintain a liquid layer about 130 km thick under a 270 km thick ice shell for all 4.5 billion years. If the eccentricity stabilizes at the level of $e \approx 0.00010$, then the tidal heat flow completely compensates for heat loss through the crust, ensuring the stable existence of a giant ocean 300 km thick under a thin (100 km) crust. The volume of such an ocean would be three times the volume of all the Earth's oceans [18] combined.

Unlike the satellites of large giant planets (e.g. Ganymede), where the subsurface ocean is "squeezed" between layers of high-pressure ice and the upper crust, Triton's ocean is in direct contact with the silicate core. This creates unique prerequisites for the development of hydrothermal activity on the ocean floor. The interaction of hot silicate matter with water enriches the ocean with complex mineral salts, sulfur, iron and phosphorus compounds, which is critically important even for the potential chemical suitability for life.

Triton's landscapes are among the most bizarre in the Solar System. Images of the leading hemisphere clearly show a unique type of relief that has no analogues on other planetary bodies - the "cantaloupe terrain" landscape. This type of terrain covers more than 35% of the observed surface and visually resembles the relief of a melon peel. It consists of a network of rounded depressions 25–35 km across, separated by a network of folded ridges up to 800 m high. The gravitational diapirism hypothesis has been proposed to explain the origin of this landscape [14]. According to this model, instability arose in Triton's icy crust due to the difference in density between the surface layer and the underlying layers. If the surface crust consists of denser ice (e.g. carbon dioxide $\rho \approx 1560$ kg/m$^3$ or ammonia dihydrate) up to 20 km thick, and less dense water ice ($\rho \approx 920$ kg/m$^3$) lies beneath it, the less dense substance begins to rise up in the form of giant domes (diapirs) with a relative density difference $\Delta\rho = 640$ kg/m$^3$.

However, modern numerical modeling has shown the presence of serious rheological barriers to this theory. Local simulations demonstrate that due to low surface temperatures (40 K), the viscosity of the upper layers of ice is too high (the viscosity contrast reaches 7 orders of magnitude). In order for crustal deformation and stable diapirs to occur, the temperature at the base of the $CO_2$ layer must exceed 200 K, which requires an anomalously high geothermal gradient of more than 10 K/km. This indicates that the formation of the melon landscape required intense tidal or convective heating in the past.

Another important geological process on Triton is active cryovolcanism [19, 21, 23]. Voyager 2 cameras also recorded at least four active geyser-like eruptions. Cryovolcanic sultans rise vertically to a height of up to 8 km into the rarefied atmosphere, after which they bend sharply at an angle of 90□ and extend as long dark plumes (up to 150 km) in a westerly direction, which is determined by the prevailing winds.

There are two main physical models that explain the operation of these geysers.

1. Solid-phase greenhouse effect: the nitrogen ice on the surface is optically transparent and acts as a heat trap. Solar radiation passes through the nitrogen crust and is absorbed by the dark dust substrate below it. This leads to local heating of the lower boundary of the nitrogen ice. Since the phase transition temperature of nitrogen is very low, even a small increase in temperature (by 4 K) will be enough to cause intensive evaporation and the conversion of nitrogen to a high-pressure gas. The gas accumulates in subsurface cavities until it breaks through the ice crust, ejecting a mixture of gas and dark dust into the atmosphere.

2. Endogenous model: eruptions are powered directly by the satellite's internal heat. Thermal plumes rising from the deep subsurface ocean through cracks in the crust heat volatiles at the interface, causing them to explosively transition to a gaseous state.

A new word in the study of the material composition of Triton's surface was said by spectral studies using the James Webb Space Telescope (JWST). In 2022, the NIRSpec IFU integral spectrograph obtained spectra of Triton in the range of 0.9−5.3 μm with a high resolution of R ≈ 2700. Analysis of the spectral absorption bands allowed us to identify a complex mixture of volatile and refractory ices on the surface: molecular nitrogen ($N_2$), carbon dioxide ($CO_2$), carbon monoxide (CO) and methane ($CH_4$) and water ice ($H_2O$). In the range of 3.0−3.7 microns, JWST detected a series of weak absorption lines that are best modeled by a mixture of ethane ($C_2H_6$), acetylene ($C_2H_2$), and complex macromolecular nitrogen-containing substances (tholins). Tholins are formed in Triton's atmosphere as a result of photolysis of methane by solar ultraviolet and bombardment by Neptune's magnetospheric electrons; after which they fall to the surface, giving individual areas a characteristic pink-red hue.

An important result of JWST was the strong longitudinal and latitudinal contrast. The volume of supervolatile ices ($N_2$, CO, $CH_4$) was significantly greater on the leading hemisphere of the satellite compared to the trailing one. At the same time, the spatial distribution of water ice and dry ice ($CO_2$) is remarkably uniform across the surface, indicating their role as a stable lithospheric substrate, not subject to rapid seasonal sublimation.

Comparison of Triton's spectrum with new JWST data for the centaur Chiron demonstrates profound cosmochemical differences: Chiron's surface is completely devoid of methane-ice absorption lines, and methane itself is found exclusively in the gas phase; this indicates its subsurface origin and significant degradation of the primary ice cover of the Centaurs due to its approach to the Sun. Triton, on the other hand, has preserved its original methane- and nitrogen-rich composition due to its stable orbit and the protective influence of the Neptune system.

Triton's atmosphere is a rather thin but highly dynamic gas envelope. Its main component is nitrogen ($N_2$), the proportion of which exceeds 99%. Minor gases are carbon monoxide (CO) and methane ($CH_4$), the concentration of which is hundredths of a percent. Thus, the atmosphere is in a state of strict thermodynamic equilibrium with surface nitrogen ices; that is, its density is completely determined by the pressure of saturated nitrogen vapor at the current surface temperature. The vertical profile of the atmosphere includes several such layers.

The troposphere extends from the surface to a height of about 8 km. Here there is intense convective mixing, heated by weak surface heat. The temperature drops with height from 38 K to a minimum of 36 K at the tropopause. The speed of winds near the surface is from 5 to 15 m/s in the east or northeast direction.

The thermosphere is located above 8 km. Due to the lack of effective radiative coolers (such as the dense methane on Pluto), Triton's thermosphere is rapidly heated by solar ultraviolet and ionospheric heat, reaching a stable temperature of 95–100 K at altitudes above 300 km. At an altitude of 8 km, the winds change direction sharply to the west due to the global circulation between the equator and the poles.

Over the past three decades, Triton's atmospheric pressure has exhibited complex and nonlinear fluctuations. During the Voyager 2 flyby in 1989, the surface pressure was about 14 μbar. In the late 1990s, observations of the stellar cover using the Hubble Space Telescope recorded an increase in pressure – up to 19 μbar. This was interpreted as a manifestation of global warming caused by Triton's passage through the summer solstice in the southern hemisphere in 2000 [7]. However, subsequent observations brought a surprise. High-precision measurements of stellar coverage on October 5, 2017, and especially on October 6, 2022, showed that the pressure returned to its original values [11, 16]. These results completely refuted the assumption of a monotonic pressure drop after the 2000 solstice. The stability of the pressure between 2017 and 2022 indicates that the classical two-dimensional Volatile Transport Models (VTM) are too simplistic. The expected freezing of the atmosphere and its complete condensation at the north pole did not occur to the predicted extent.

In addition to studying the ices, observations with JWST NIRSpec in 2022–2023 recorded another unique phenomenon in Triton’s atmosphere – emission peaks in the range of 4.5–4.8 μm. These lines correspond to the vibrational-rotational fluorescence of gaseous carbon monoxide (CO), excited by sunlight in the upper layers of the thermosphere. Comparison of the fluorescence intensity between the sub-Neptunian and anti-Neptunian hemispheres showed noticeable changes, indicating the presence of dynamic atmospheric winds and the heterogeneity of the gas distribution on the global scale of the satellite [25].

Thus, a comprehensive analysis of the modern astronomical, orbital and physical characteristics of Triton allows us to formulate a holistic view of this unique icy world. As a captured [12] dwarf planetoid from the Kuiper belt, Triton is the most important link between trans-Neptunian objects and the complex satellite systems of the giant planets.

The capture of Triton resulted in a complete reformatting of the Neptune system, the destruction of the primary moons, and the subsequent accretion of the inner second and third generation moons from the debris disk. Triton's orbital evolution, the duration of which has been overestimated by the discovery of a negative feedback between the thickness of the ice crust and the rate of tidal dissipation, lasted billions of years, providing for a long tidal heating of the interior. The combination of radiogenic heat from the massive silicate core and tidal heating from the tides guarantees the existence of a deep subsurface ocean enriched in ammonia. The direct contact of this ocean with the mineral core makes Triton one of the promising objects for the search for extraterrestrial life and the study of the chemical evolution of matter in the cold zone of the Solar System.

Recent measurements using the James Webb Space Telescope and high-precision ground-based observations of stellar coatings in 2017–2022 have revealed a complex picture of the chemical composition of its surface, revealing a rich spectrum of ices, including carbon dioxide isotopes and complex organic tholins. The stability of Triton's atmospheric pressure at about 14 μbar in the post-summer solstice era has proven the limitations of classical models of seasonal matter transport, indicating the existence of previously unknown mechanisms for stabilizing the atmosphere through the formation of dynamic equatorial frosts and complex albedo-temperature dynamics [2].

Triton remains a priority target for future space missions to the far zone of the Solar System. Its detailed study using orbital and flyby probes will not only help unravel the mysteries of the origin of our planetary system, but will also significantly expand our understanding of the physical processes occurring on icy worlds in other star systems in the Universe.

## References

1. Agnor C.B., Hamilton D.P. (2006) Neptune's capture of its moon Triton in a binary-planet gravitational encounter. Nature. 441(7090), p. 192–194. https://doi.org/10.1038/nature04792
2. Bertrand T., Lellouch E., Holler B.J., et al. (2022) Volatile transport modeling on Triton. Icarus. 373, 114764. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114764
3. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2016) Several twilight bolides over Kiev in 2013-2015 - fragments of comets nuclei. International conference Meteoroids 2016, at the European Space Research and Technology Centre (ESTEC) in Noordwijk, the Netherlands from 6-10 June 2016. Poster 63.
4. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. (2014) Traces on sky: the classification and the results of regular observations of twilight fireballs. Astronomical School’s Report. 10 (1), p. 37-42.
5. Ćuk M., Gladman B.J. (2005) Constraints on the history of the Neptunian satellite system. The Astrophysical Journal. 626(2), p. L113–L116. https://doi.org/10.1086/431743
6. Elliot J.L., Hammel H.B., Wasserman L.H., et al. (1998) Global warming on Triton. Nature. 393(6687), p. 765–767. https://doi.org/10.1038/31651

7. Elliot J.L., Person M.J., McDonald S.W., et al. (2000) The prediction and observation of the 1997 July 18 stellar occultation by Triton: More evidence for distortion and increasing pressure in Triton's atmosphere. Icarus. 148(2), p. 347–369. https://doi.org/10.1006/icar.2000.6493
8. Gaeman J., Hier-Majumder S., Roberts J.H. (2012) Sustainability of a subsurface ocean within Triton's interior. Icarus. 220(2), o. 339–347. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.05.006
9. Hammond N.P., Collins G.C. (2024) Prolonged tidal heating and orbital evolution of Triton. Astrobiology. 24(3), p. 289–301. https://doi.org/10.1089/ast.2023.0045
10. Klimenko V.M., Morozhenko A.V., Vid'machenko A.P. (1980) Phase effect for the brightnes coefficient of the central disk of Saturn and features of Jupiter's disk. Icarus. 42 (3), p. 354-357.
11. Marques Oliveira J., Sicardy B., Gomes-Júnior A.R., et al. (2022) Constraints on the structure and seasonal variations of Triton's atmosphere from the 5 October 2017 stellar occultation and previous observations. Astronomy & Astrophysics. 659, A136. https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141443
12. Nogueira E.C., Brasser R., Gomes R. (2011) Re-evaluating the capture of Triton. Icarus. 214(1), p. 113–130. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2011.05.003
13. Olkin C.B., Elliot J.L., Hammel H.B., et al. (1997) The thermal structure of Triton's atmosphere: Results from the 1993 and 1995 occultations. Icarus. 129(1), p. 178–201. https://doi.org/10.1006/icar.1997.5762
14. Schenk P.M., Jackson M.P. (1993) Diapirism on Triton: A case for Rayleigh-Taylor instability in a layered crust. Geophysical Research Letters. 20(24), p. 2427–2430. https://doi.org/10.1029/93GL02934
15. Showalter M.R., de Pater I., Lissauer J.J., French R.S. (2019) The Neptune system: A review of the inner moons. Nature. 566, p. 350–353. https://doi.org/10.1038/s41586-019-0909-9
16. Sicardy B., Tej A., Gomes-Júnior A.R., et al. (2024) Constraints on the evolution of the Triton atmosphere from occultations: 1989–2022. Astronomy & Astrophysics. 682, L24. https://doi.org/10.1051/0004-6361/202348756
17. Vid'Machenko A.P. (1995) Settling of dust in Jupiter's atmosphere after the impact of fragments of comet Shoemaker-Levy 9. Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel. 11 (4), p. 21-24.
18. Vidmachenko A. P. (2014) Study of Earth-like planets. 16 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May 29-31, 2014. Kirovohrad, Ukraine. P. 12-13.
19. Vidmachenko A.P. (2016) Features of surface topography and the geological activity of Pluto. 18 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, the program and abstracts. National Aviation University, Kyiv, Ukraine, May 26-27, 2016. P. 12-14.
20. Vidmachenko A.P. (2016) Seasonal Changes on Jupiter: 2. Influence of the Planet Exposure to the Sun. Kinematics and Physics of Celestial Bodies. 32(6), p. 283-293.

21. Vidmachenko A.P. (2018) Features of volcanoes on different Solar system bodies. Astronomical School's Report. 14(1), p. 1-14.
22. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2017) Physical characteristics of the surface of satellites and rings of giant planets. Kyiv: Editorial and publishing department of NUBiP of Ukraine. -412 p.
23. Vidmachenko A. P., Steklov A. F. (2022) Features of volcanoes on different Solar system bodies. Astronomical School's Report. 14 (1), P. 1-14.
24. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2023) Physical characteristics of natural satellites of planets. (In Ukrainian). Kyiv: NULES of Ukraine. – 198 p. ISBN 978-617-8351-05-2.
25. Yuan Y., Zhang C., Li F., et al. (2024) New constraints on Triton's atmosphere from the 6 October 2022 stellar occultation. Astronomy & Astrophysics. 684, L13. https://doi.org/10.1051/0004-6361/202348460

## Section: Politics and Sociology

**DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.012.256-260**

# КРИЗА ПОЛІТИЧНОЇ ДОВІРИ В СУЧАСНОМУ СУСПІЛЬСТВІ: ПРИЧИНИ, ФОРМИ ПРОЯВУ ТА НАСЛІДКИ

**Урбан Володимир Анатолійович**
незалежний дослідник, підприємець
Україна

Політична довіра є одним із ключових показників взаємовідносин громадян із політичними інститутами, оскільки відображає очікування щодо їхньої здатності діяти компетентно, передбачувано, чесно та з урахуванням суспільного інтересу. Водночас довіра не тотожна безумовній підтримці влади. У демократичному суспільстві громадянин може критично оцінювати уряд, парламент або партії, не заперечуючи легітимності самого демократичного порядку. Тому проблема політичної довіри полягає не в необхідності досягти максимально високої підтримки інститутів, а у визначенні такого рівня й характеру довіри, за яких критичність громадян поєднується з визнанням правил, процедур і механізмів політичного представництва.

Поняття «криза політичної довіри» часто використовується для опису зниження довіри до парламентів, урядів, політичних партій та інших інститутів представницької демократії. Проте сучасні дослідження показують, що говорити про єдину й однаково виражену глобальну кризу було б спрощенням. В. Вальгардссон та співавтори, узагальнивши дані 3377 опитувань у 143 країнах за 1958–2019 роки, виявили різні траєкторії залежно від країни, періоду та інституту. На глобальному рівні довіра до представницьких інститутів упродовж останніх десятиліть загалом знижувалася, тоді як довіра до інститутів, що безпосередньо реалізують державні функції, була стабільнішою або зростала [1]. Це означає, що криза довіри має диференційований характер і не може вимірюватися одним узагальненим показником.

Таке розмежування важливе й методологічно. Якщо громадяни одночасно демонструють низьку довіру до політичних партій і парламенту, але значно вищу до судів, поліції, державної служби або інших інститутів, то йдеться не обов’язково про заперечення держави як такої. Значна частина недовіри може бути спрямована саме на механізми представництва, партійну конкуренцію та політичну відповідальність. Отже, політична довіра має конкретний об’єкт, а її зниження потрібно аналізувати інституційно: до кого саме спрямована недовіра, у який період вона виникла та які події їй передували.

Т. ван дер Меєр і П. ван Еркел застерігають від автоматичного трактування кожного зниження показників довіри як доказу довготривалої демократичної кризи. Їхній аналіз показує, що в більшості досліджуваних країн динаміка політичної довіри значною мірою відображає політичну результативність і короткострокові зміни, а не постійно зростаючий розрив між громадянами та демократичними інститутами [2]. Це дозволяє розрізнити дві ситуації: функціональну недовіру як реакцію на конкретну незадовільну діяльність влади, та системну недовіру, за якої громадяни перестають вважати самі механізми представництва здатними діяти в суспільних інтересах.

Політична довіра поєднує відносну стійкість із реакцією на політичний контекст. Д. Дівайн і В. О. Вальгардссон, використовуючи шість панельних досліджень у п’яти країнах за період від 1965 до 2020 року, виявили загалом значну стабільність індивідуальних оцінок політичної довіри в дорослому віці. Водночас дослідження фіксує реакцію довіри на політичні зміни, зокрема на зміну уряду та інтенсивні політичні події [3]. Отже, довіру не варто розглядати ані як повністю незмінну особисту установку, ані як миттєву реакцію на кожне повідомлення чи політичний конфлікт. Вона формується накопичувально, але може коригуватися під впливом досвіду взаємодії громадянина з політичною системою.

Однією з головних причин зниження політичної довіри є розрив між очікуваними та фактичними результатами діяльності інститутів. Якщо громадяни вважають, що влада не здатна забезпечити прийнятний рівень економічної стабільності, безпеки, державних послуг або справедливого застосування правил, це створює підстави для негативної переоцінки її компетентності. Важливо, що оцінювання діяльності влади не обмежується об’єктивними макроекономічними показниками: значення має також те, кому громадяни приписують відповідальність за результати та наскільки вони вважають політичний процес чутливим до власних потреб.

Порівняльне дослідження П. Крістманна, П. К. Магальяйнша та С. Василопулу щодо Греції, Португалії та Іспанії показує, що політична довіра формується під дією кількох факторів, причому їхня вага відрізняється між країнами. На основі 45 хвиль Eurobarometer за 1997–2022 роки автори встановили стійкий вплив економічної результативності та політичної поляризації, тоді як сприйняття корупції було особливо значущим у Греції та Іспанії; ідеологічна конгруентність мала більш обмежене значення [4]. Цей результат важливий тим, що навіть держави зі схожим історичним досвідом і спільними зовнішніми кризами можуть рухатися різними траєкторіями довіри.

Корупція впливає на довіру не тільки через економічні втрати. Вона створює уявлення про нерівність доступу до політичних рішень, вибірковість правил і використання публічних посад для приватної вигоди. За таких умов громадянин може сумніватися не лише в окремих посадових особах, а й у здатності інститутів до самокорекції. Особливо небезпечною є ситуація, коли викриття порушень не супроводжується зрозумілою відповідальністю: тоді інформаційна відкритість

сама по собі не відновлює довіру, оскільки громадяни отримують підтвердження проблеми, але не бачать дієвого механізму її усунення.

Сучасні експериментальні дані також дозволяють точніше визначити, які якості влади громадяни пов'язують із довірою. Д. Дівайн, В. Вальгардссон, В. Дженнінгс, Г. Стокер і Г. Бантінг у міжнаціональних conjoint-експериментах у п'яти країнах порівняли значення компетентності, доброзичливості до громадян та доброчесності уряду. Найсильнішим чинником оцінки надійності виявилося сприйняття того, що уряд діє в інтересах громадян, тоді як компетентність і доброчесність мали дещо слабший і приблизно рівний вплив [5]. Це показує, що політична довіра залежить не лише від здатності влади досягати результатів, а й від того, чи вважають громадяни її мотиви орієнтованими на суспільний інтерес.

Ще одним фактором є політична поляризація. У поляризованому середовищі оцінка інститутів дедалі частіше залежить від того, яка політична сила їх контролює. Перемога «своєї» партії може тимчасово підвищувати довіру, тоді як прихильники опозиції оцінюють ті самі інститути значно критичніше. У результаті довіра перестає бути лише оцінкою процедурної якості й частково перетворюється на продовження партійної конкуренції. Така асиметрія небезпечна тим, що легітимність інституту починає залежати від політичного результату, а не від визнання правил гри незалежно від того, хто переміг.

Форми прояву кризи політичної довіри також різноманітні. Найочевиднішою є стійко низька оцінка ключових представницьких інститутів. Проте недовіра може виявлятися і як переконання, що політики не представляють інтереси звичайних громадян, як пошук альтернатив традиційним партіям, підтримка інституційних реформ, протестна поведінка або відмова від участі в окремих політичних процедурах. Тому однакова відповідь у соціологічному опитуванні може приховувати різні мотиви: апатію, розчарування, критичну вимогливість, протест або прагнення змінити спосіб прийняття рішень.

Недовіра може переходити і в активну протестну мобілізацію, але цей зв'язок також не є однозначним. Е. Гранде та Д. Сальдівія Гонзатті, досліджуючи німецькі протести періоду пандемії COVID-19 та так звані «енергетичні протести», виявили значний дефіцит довіри до ключових інститутів представницької демократії та зв'язок недовіри з більшою готовністю протестувати [6]. Водночас автори підкреслюють неоднорідність демократичних наслідків такої недовіри. Отже, протест не слід автоматично трактувати ані як загрозу демократії, ані як безумовний доказ її здоров'я: вирішальними є мотиви, вимоги та ставлення учасників до демократичних правил.

Наслідки довіри не слід ні недооцінювати, ні перебільшувати. Метааналіз Д. Дівайна, що охопив 61 дослідження, 329 статистичних оцінок і понад 3,5 млн спостережень, показує слабкі або помірні зв'язки політичної довіри з явкою на вибори, виборчим вибором, політичними уподобаннями та дотриманням правил, але не виявляє універсального зв'язку з неформальною політичною участю [7]. Отже, політична довіра справді має поведінкові наслідки, однак вона є лише

одним із чинників політичної поведінки поряд з ідентичністю, інтересами, ресурсами, політичною мобілізацією та конкретним контекстом.

Особливо важливим є питання про те, чи веде політична недовіра до відмови від демократії. Сучасні дані не підтверджують простої схеми «недовіра → авторитаризм». Т. ван дер Меєр і Л. Янссен на панельних даних чотирьох європейських країн показали, що висока або зростаюча недовіра відштовхує громадян від статус-кво представницької демократії, але не спрямовує їх автоматично до будь-якої конкретної альтернативи. Найпослідовніше недовіра була пов'язана з більшою підтримкою прямої демократії, тоді як підтримка технократії мала змішані результати, а авторитарні моделі не отримували універсального посилення [8]. Це свідчить, що недовіра часто виражає вимогу змінити канали представництва, а не обов'язково заперечення демократичного принципу.

Саме тому критичного громадянина не слід ототожнювати з політично відчуженим громадянином. Демократія потребує здатності ставити під сумнів рішення влади, вимагати доказів, контролювати посадових осіб і змінювати політичних представників. Надмірно висока й некритична довіра також може бути проблемною, якщо вона знижує суспільний контроль. Негативний ефект виникає тоді, коли критика перестає бути спрямованою на конкретні рішення та інститути й перетворюється на переконання, що жодна процедура не є чесною, жоден представник не може діяти добросовісно, а політична відповідальність у принципі неможлива.

Відновлення політичної довіри тому не може зводитися до комунікаційної кампанії, яка переконує громадян краще ставитися до держави. Якщо недовіра є реакцією на слабку результативність, корупцію, непрозорість або відсутність політичної відповідальності, інформаційне переконання без інституційних змін може лише посилити скептицизм. Пріоритетними є передбачуваність правил, реальна відповідальність за порушення, зрозуміле пояснення рішень, можливість громадян впливати на порядок денний і видимий зв'язок між суспільним запитом та політичною реакцією. Довіра в цьому сенсі є не метою, яку можна адміністративно створити, а результатом повторюваного досвіду інституційної надійності.

Для оцінювання кризи політичної довіри важливо враховувати не тільки її середній рівень, а й структуру. Суспільство з помірною, але відносно рівномірно розподіленою довірою може бути стабільнішим за суспільство з тим самим середнім показником, де прихильники влади довіряють інститутам майже безумовно, а опозиційні групи повністю їх заперечують. Так само короткочасне падіння довіри після політичної невдачі може свідчити про нормальну демократичну відповідальність, тоді як тривала недовіра незалежно від зміни урядів може вказувати на глибшу проблему представництва або інституційної спроможності.

Криза політичної довіри в сучасному суспільстві є реальною, але неоднорідною проблемою. Глобальні дані свідчать про довготривале зниження

довіри насамперед до представницьких інститутів, однак масштаби й напрям змін істотно залежать від країни, періоду та конкретного об'єкта довіри. Серед ключових причин виділяються оцінка результативності влади, сприйняття корупції, політична поляризація та здатність інститутів реагувати на суспільні очікування. Наслідки недовіри охоплюють зміну електоральної поведінки, підтримку політичних перетворень і дистанціювання від традиційних механізмів представництва, але не означають автоматичного переходу до авторитарних орієнтацій. На мою думку, головне завдання демократичної системи полягає не у максимізації довіри, а у створенні таких інституційних умов, за яких критична оцінка влади не переростає в тотальне заперечення політичних процедур, а недовіра може трансформуватися у відповідальність, корекцію політики та оновлення представництва.

## Список використаних джерел

1. Valgarðsson V., Jennings W., Stoker G., Bunting H., Devine D., McKay L., Klassen A. A Crisis of Political Trust? Global Trends in Institutional Trust from 1958 to 2019. British Journal of Political Science. 2025. Vol. 55. Article e15. DOI: 10.1017/S0007123424000498.
2. Van der Meer T. W. G., Van Erkel P. F. A. Moving beyond the political trust crisis debate: Residual analyses to understand trends in political trust. European Journal of Political Research. 2024. Vol. 63, No. 3. P. 1240–1257. DOI: 10.1111/1475-6765.12645.
3. Devine D., Valgarðsson V. O. Stability and change in political trust: Evidence and implications from six panel studies. European Journal of Political Research. 2024. Vol. 63, No. 2. P. 478–497. DOI: 10.1111/1475-6765.12606.
4. Christmann P., Magalhães P. C., Vasilopoulou S. Divergent paths of political trust in Southern Europe: the roles of economic performance, corruption, congruence, and polarisation. South European Society and Politics. 2025. Vol. 30, No. 4. P. 621–649. DOI: 10.1080/13608746.2025.2576094.
5. Devine D., Valgarðsson V., Jennings W., Stoker G., Bunting H. The causes of perceived government trustworthiness. European Journal of Political Research. 2025. Vol. 64, No. 3. P. 1394–1412. DOI: 10.1111/1475-6765.12742.
6. Grande E., Saldivia Gonzatti D. A revolt of the distrustful? Political trust, political protest and the democratic deficit. Journal of European Public Policy. 2025. Vol. 32, No. 8. P. 1986–2014. DOI: 10.1080/13501763.2024.2447457.
7. Devine D. Does Political Trust Matter? A Meta-analysis on the Consequences of Trust. Political Behavior. 2024. Vol. 46. P. 2241–2262. DOI: 10.1007/s11109-024-09916-y.
8. Van der Meer T. W. G., Janssen L. A. Pushing and Pulling: The Static and Dynamic Effects of Political Distrust on Support for Representative Democracy and its Rivals. Political Behavior. 2025. Vol. 47. P. 1389–1411. DOI: 10.1007/s11109-024-09994-y.

## Section: Psychology

**DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.013.261-267**

# REDUCING ANXIETY AMONG UKRAINIAN DISPLACED PERSONS THROUGH ISOTHERAPY

**Polishchuk-Rusina Larysa**
Master's student in Psychology
**Blinov Oleh Anatoliiovych**
Doctor of Psychological Sciences, Professor
Department of General and Social Psychology
Private Higher Education Institution "European University"

**Abstract.** The article presents the results of a theoretical and empirical study of the potential of isotherapy as a means of reducing anxiety among Ukrainian forcibly displaced persons. The baseline study included 63 participants aged 25 to 65 years, including 35 internally displaced persons and 28 Ukrainian migrants living abroad. The psycho-emotional state was assessed using the GAD-7 scale, the Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS), a post-traumatic stress disorder screening questionnaire, and methods for self-assessment of emotional states, diagnosis of emotional self-regulation, positive mental health, and quality of life. It was found that 46.0% of respondents had a moderate risk of generalized anxiety disorder, while 23.8% showed pronounced manifestations of anxiety. Moderate or pronounced PTSD symptoms were identified in 76.2% of respondents. For a group of 28 migrants living abroad, a six-session group isotherapy program was developed and tested, aimed at reducing anxiety, developing emotional self-regulation, restoring internal resources, and forming an image of a safe future. After participation in the program, the proportion of individuals with high anxiety according to GAD-7 decreased by 21.5%, those with clinical manifestations of anxiety according to HADS by 21.5%, and those with pronounced PTSD symptoms by 21.4%. At the same time, the proportion of participants with optimal levels of emotional self-regulation increased by 35.7%. The findings demonstrate the practical potential of isotherapy in the psychosocial support of displaced persons. However, the conclusions should be interpreted with consideration of the absence of a control group and statistical testing of the significance of the observed changes.

**Keywords:** forced displacement, anxiety, isotherapy, art therapy, emotional self-regulation, post-traumatic stress disorder, mental health.

**Introduction**

The full-scale war in Ukraine has caused large-scale forced displacement of the population both within the country and abroad. Loss of housing, separation from loved ones, uncertainty regarding legal and economic status, language barriers, employment

difficulties, and the need to adapt rapidly to a new sociocultural environment create prolonged psycho-emotional strain. For many displaced persons, the sense of danger does not end after physically moving to a safer place; it continues in the form of persistent anticipation of threat, hypervigilance, intrusive worries, sleep disturbances, emotional lability, and a reduced ability to plan for the future.

In this context, anxiety appears not only as a situational response to a specific danger but also as a stable tendency to perceive a wide range of life events as threatening. It reduces adaptive capacity, complicates social and professional activity, worsens quality of life, and may coexist with depressive and post-traumatic symptoms. Studies of the psychological state of forcibly displaced persons confirm the prevalence of anxiety, depression, PTSD, feelings of loss of identity, and social isolation [4; 8; 13; 18].

One accessible form of psychosocial support is art therapy, which makes it possible to express complex experiences nonverbally, without the need to immediately verbalize traumatic experience. Isotherapy, as a form of art therapy, uses drawing, color, line, form, and metaphorical imagery to externalize an internal state. Its therapeutic potential lies in the possibility of safely distancing oneself from traumatic material, reducing muscular and emotional tension, restoring a subjective sense of control, and developing new forms of self-support [5–7; 10; 14].

The relevance of this study is determined by the need for short-term, structured, and culturally sensitive programs that can be used by psychologists in communities, support centers, and mutual-support groups for Ukrainian displaced persons.

**Aim and Objectives of the Study**

The aim of the study is to theoretically substantiate and empirically assess the potential of isotherapy for reducing anxiety among Ukrainian displaced persons.

To achieve this aim, the following objectives were defined: to analyze the psychological consequences of forced displacement; to investigate manifestations of anxiety, depression, PTSD, emotional self-regulation, mental health, and quality of life; and to develop an isotherapy program consisting of six sessions.

To implement the isotherapy program and assess changes in the participants' psycho-emotional indicators before and after completion of the program.

**Materials and Methods**

The baseline stage involved 63 Ukrainian displaced persons aged 25 to 65 years: 35 internally displaced persons and 28 migrants living abroad. The sample consisted of 42 women and 21 men. The intervention stage was conducted with all 28 migrants living abroad, who formed the experimental group.

The study was implemented in three stages: baseline assessment, corrective-intervention, and follow-up assessment. At the first stage, the respondents' initial psycho-emotional state was assessed. At the second stage, the isotherapy program was conducted. At the third stage, participants in the experimental group were reassessed using the same set of methods.

The diagnostic battery included: the Ukrainian adaptation of the Generalized Anxiety Disorder Scale (GAD-7) [1]; the Hospital Anxiety and Depression Scale

(HADS); the Post-Traumatic Stress Disorder Screening Questionnaire by O. Blinov, S. Maksymenko, and I. Chernenko (PTSD SQ) [2; 3]; the "Self-Assessment of Emotional States" method by A. Wessman and D. Ricks; S. Polishchuk's method for diagnosing the development of emotional self-regulation [15]; the Positive Mental Health Scale in the Ukrainian adaptation by L. Karamushka, K. Tereshchenko, and O. Kredentser [11]; and O. Chaban's Quality of Life Assessment Scale [9].

The results were processed by quantitatively distributing respondents across levels and comparing proportions before and after participation in the program. The original study did not report indicators of the statistical significance of between-stage differences; therefore, in this article the results are interpreted as descriptive dynamics rather than as conclusive evidence of a causal effect.

**The anxiety-reduction program using isotherapy is an original program developed by Larysa Polishchuk-Rusina within the framework of this study.**

The program consisted of six group training sessions united by a common goal: reducing anxiety and other negative mental states, developing adaptive resources, emotional self-regulation, psychological well-being, and the ability to plan for the future. Its content combined psychoeducation, reflective exercises, body-based and relaxation techniques, group discussion, and isotherapy practices.

The first session focused on adaptation difficulties and normalization of the experiences of displaced persons. The second was aimed at recognizing anxiety and its bodily and cognitive manifestations. The third helped participants explore the meaning of color and imagery as ways of expressing emotions. The fourth focused on developing a sense of psychological safety and inner support through the techniques "My Circle of Control and Responsibility," "My Shield," and "Tree of Resources." The fifth session included creating a "Place of Calm," a mandala, exercises for bodily awareness, and muscular relaxation. The sixth session, "Bridge to the Future," helped integrate previous experience, form an image of a desired future, and develop a resource-based plan for further action.

The structure of the program involved a gradual transition from stabilization and awareness of the current state to symbolic processing of lived experience and construction of a future perspective. This sequence corresponds to the trauma-informed principle of safety: participants were not asked to immerse themselves immediately in traumatic memories; instead, grounding, self-observation, and self-regulation skills were developed first.

**Results and Discussion**

The baseline assessment demonstrated a substantial prevalence of anxiety, depressive, and post-traumatic manifestations in the sample. According to GAD-7, only 30.2% of respondents had no pronounced signs of an anxiety disorder. Moderate manifestations and risk of developing the disorder were identified in 46.0%, while 23.8% had a high level of anxiety. According to HADS, normal anxiety scores were found in 27.0% of participants, subclinical scores in 49.2%, and clinical scores in 23.8%. On the depression scale, 28.6% had no corresponding symptoms, 53.9% had subclinical manifestations, and 17.5% had clinical manifestations.

PTSD symptoms were absent in only 23.8% of displaced persons. A moderate level was identified in 47.6%, and a pronounced level in 28.6%. Thus, more than three quarters of the sample had at least some post-traumatic manifestations. A high level of emotional self-regulation was recorded in only 17.4% of respondents, an above-average level in 14.3%, an average level in 42.9%, and a low level in 25.4%. High mental health levels were found in 28.6%, average levels in 47.6%, and low levels in 23.8%.

Table 1 Baseline Psycho-Emotional Indicators of Displaced Persons, %

| Indicator | Optimal / absent | Moderate / subclinical | High / clinical |
|---|---|---|---|
| Anxiety according to GAD-7 | 30.2 | 46.0 | 23.8 |
| Anxiety according to HADS | 27.0 | 49.2 | 23.8 |
| Depression according to HADS | 28.6 | 53.9 | 17.5 |
| PTSD symptoms | 23.8 | 47.6 | 28.6 |
| Emotional state | 28.6 | 47.6 | 23.8 |
| Mental health | 28.6 | 47.6 | 23.8 |

Comparison of the two categories of displaced persons did not reveal sharply contrasting anxiety profiles; however, migrants living abroad somewhat more often showed clinical manifestations of depression. This may be associated with additional adaptation burdens: language barriers, disruption of the familiar social environment, feelings of guilt about being in safety, and uncertainty regarding the duration of protection in the host country. At the same time, internally displaced persons continue to live under conditions of wartime danger, which sustains chronic anxiety even after displacement.

Analysis of psychological profiles showed the expected association of high anxiety with clinical manifestations of anxiety, depression, PTSD, low emotional self-regulation, poor mental health, and low quality of life. In contrast, participants with high emotional self-regulation predominantly had low levels of anxiety and depression, no PTSD symptoms, greater emotional comfort, and better mental health. These data justify including in the program not only expressive drawing practices but also exercises aimed at awareness, regulation, and restoration of subjective control.

Follow-up assessment of the 28 participants after completion of the six sessions revealed positive dynamics in all evaluated areas. The proportion of individuals with a high level of anxiety according to GAD-7 decreased by 21.5 percentage points, while the proportion of participants with low anxiety scores increased by 14.3 points. According to HADS, the proportion of individuals with clinical manifestations of

anxiety decreased by 21.5 points, and those with clinical manifestations of depression by 14.3 points. The proportion of participants without symptoms of anxiety and depression increased by approximately 21.4 points.

Pronounced PTSD symptoms after the program occurred 21.4 percentage points less often, while the proportion of individuals without post-traumatic manifestations increased by 21.4 points. Emotional-state indicators also improved: the proportion of participants with a high level of calmness increased by 21.5 points, energy by 14.3 points, and self-confidence by 17.8 points. According to the integrated emotional-state indicator, the proportion of participants with an optimal level increased by 17.8 points.

The most pronounced positive dynamics were recorded for emotional self-regulation. The proportion of individuals with a high level increased by 17.8 points, and the proportion with an above-average level by 17.9 points; overall, the number of participants with optimal levels of self-regulation increased by 35.7 points. A low level of mental health occurred 28.6 points less frequently, while the combined proportion of participants with high and average quality-of-life levels increased by 17.9 points.

Table 2 Main Changes in Indicators After the Isotherapy Program, Percentage Points

| Indicator | Change after the program |
|---|---|
| High anxiety according to GAD-7 | −21.5 |
| Clinical anxiety according to HADS | −21.5 |
| Clinical depression according to HADS | −14.3 |
| Pronounced PTSD symptoms | −21.4 |
| Optimal integrated emotional state | +17.8 |
| Optimal levels of emotional self-regulation | +35.7 |
| Low level of mental health | −28.6 |
| High and average quality-of-life levels, combined | +17.9 |

The observed dynamics are consistent with theoretical propositions that art-therapy activities can reduce psychological tension, facilitate the symbolic expression of difficult experiences, and support the integration of traumatic experience [5–7; 10; 14]. Importantly, the program was not limited to free drawing: it combined visual expression with psychoeducation, group support, body relaxation, cognitive structuring, and action planning. The comprehensive nature of the intervention may have contributed to the positive dynamics.

The isotherapy images of a “shield,” “tree of resources,” “place of calm,” “bridge to the future,” and “resource backpack” served several functions. First, they created a safe psychological distance between the individual and traumatic content. Second, they transformed diffuse anxiety into a concrete image that could be examined, modified, and supplemented. Third, they helped activate resources and restore a sense of

authorship over one's own life. Fourth, group discussion of the artworks reduced feelings of isolation and normalized participants' experiences.

At the same time, the study has several limitations. The intervention sample was small and consisted only of migrants living abroad. No control group was used, making it impossible to fully distinguish the effect of the program from natural adaptation, social support, or other events in participants' lives. The data were obtained primarily through self-report methods. The study did not report statistical tests of the significance of the changes or long-term follow-up. Future studies should include randomized or quasi-experimental comparisons, a larger sample, assessment of effects after 1–3 months, and analysis of which program components are most effective.

**Conclusions**

1. Forced displacement is accompanied by a range of psychological difficulties, the most pronounced of which are anxiety, depressive and post-traumatic manifestations, emotional exhaustion, reduced self-regulation, poorer mental health, and lower quality of life.

2. In the studied sample, 69.8% of displaced persons had moderate or high manifestations of anxiety according to GAD-7, and 76.2% had moderate or pronounced PTSD symptoms. This confirms the need for accessible programs of early psychological support.

3. The six-session isotherapy program, which combined drawing, body-based, relaxation, reflective, and group practices, was accompanied by a reduction in the proportion of participants with pronounced manifestations of anxiety, depression, and PTSD, as well as improvements in emotional self-regulation, mental health, and quality of life.

4. The greatest positive change was observed in emotional self-regulation: the combined proportion of participants with optimal levels increased by 35.7 percentage points. This provides grounds for considering the development of self-regulation as one of the key mechanisms for reducing anxiety among displaced persons.

5. The original program by L. V. Polishchuk-Rusina, "Reducing Anxiety among Ukrainian Displaced Persons through Isotherapy," can be recommended for use by psychologists, psychosocial support centers, and non-governmental organizations as a short-term group intervention tool.

## References

1. Aleksina N., Herasymenko O., Lavrynenko D., Savchenko O. Ukrainian adaptation of the Generalized Anxiety Disorder Scale GAD-7: diagnostic experience under martial law. Insight: Psychological Dimensions of Society. 2024. No. 11. pp. 77–103.
2. Blinov O. A. Post-Traumatic Stress Disorder Screening Questionnaire (PTSD SQ). Psychological Journal. 2018. No. 1. pp. 26–37.
3. Blinov O. A., Maksymenko S. D., Chernenko I. O. Post-Traumatic Stress Disorder Screening Questionnaire (PTSD SQ): Scientific and Methodological Publication. Kyiv: Talkom, 2019. 23 p.

4. Biskup M. V., Volynets N. V. Socio-psychological portrait of internally displaced persons. Grail of Science. 2024. No. 40. pp. 533–535.
5. Voznesenska O. L. Art therapy in work with forcibly displaced persons. Art Therapy Space. 2015. Issue 2(18). pp. 23–41.
6. Voznesenska O. L., Sydorkina M. Yu. Art Therapy in Overcoming Psychological Trauma: A Practical Guide. 2nd ed., revised and expanded. Kyiv: Zoloti Vorota, 2016. 202 p.
7. Hundertailo Yu. D. Features of the use of art therapy in the socio-psychological support of internally displaced persons. Problems of Political Psychology. 2021. Vol. 24, Issue 10. pp. 200–211.
8. Kerdyvar V. V., Yevpak S. V., Platonov V. M. The impact of war on the psychological state of vulnerable categories of internally displaced persons in Ukraine. Scientific Notes of V. I. Vernadsky Taurida National University. Series: Psychology. 2025. Vol. 36, No. 4. pp. 101–108.
9. Chaban O. S., Khaustova O. O., Bezsheiko V. H., Moskalenko O. V. Validation of the “Quality of Life Assessment Scale.” Ukrainian Bulletin of Psychoneurology. 2017. Vol. 25, Issue 1. pp. 159–160.
10. Krasnoshapka S. V., Ivashchenko A. I. An empirical study of overcoming anxiety in adults through art therapy. Perspectives and Innovations of Science. 2024. No. 11(45). pp. 1357–1371.
11. Karamushka L., Tereshchenko K., Kredentser O. Adaptation on a Ukrainian sample of the “Modified BBC Subjective Well-being Scale” and the “Positive Mental Health Scale.” Organizational Psychology. Economic Psychology. 2022. No. 3–4(27). pp. 85–94.
12. Kulichenko V. V. Features of providing psychological assistance to forcibly displaced persons with consequences of traumatization. Habitus. 2023. Issue 49. pp. 123–128.
13. Mushkevych M. I. Psychological portrait of internally migrating persons. Current Problems of Psychology. 2021. Vol. II, Issue 13. pp. 203–216.
14. Oleinik O. O., Lozova O. M., Lutsenko O. V. Overcoming traumatic experiences of the civilian population by means of art therapy. Slobozhanskyi Scientific Bulletin. Psychology Series. 2024. Issue 1. pp. 133–139.
15. Polishchuk S. A. Diagnosis of the development of emotional self-regulation in the individual. Scientific Bulletin of Kherson State University. Psychological Sciences Series. 2021. Issue 1. pp. 118–124.
16. Potapchuk Ye., Pasichnyk A. The relationship between anxiety and individual mental health. Psychological Travelogues. 2023. No. 2. pp. 184–193.
17. Terkulova I. V., Lytvynenko O. A., Mykolenko N. V. Psychological manifestations of stress, depression, and anxiety in internally displaced persons. Slobozhanskyi Scientific Bulletin. Psychology Series. 2025. Issue 2. pp. 162–168.
18. Anjum G., Aziz M., Khasrow H. H. Life and mental health in limbo of the Ukraine war: How can helpers assist civilians, asylum seekers and refugees affected by the war? Frontiers in Psychology. 2023. Vol. 14. DOI: 10.3389/fpsyg.2023.1129299.

## Section: Technical Sciences

# МЕТОД ЛОГАРИФМІЧНО-ФАЗОВОГО АНАЛІЗУ ГЕНЕРАТОРА ЧУА

**Бенедицький В.Б.**
ст. викладач
Кафедра комп'ютерних технологій у медицині та телекомунікаціях
Державний університет «Житомирська політехніка»
Житомир, Україна

**Анотація.** У роботі запропоновано метод логарифмічно-фазового аналізу генератора Чуа, призначений для дослідження структури фазових траєкторій нелінійної динамічної системи та виявлення змін її динамічного режиму. Метод ґрунтується на нелінійному перетворенні фазових координат $\{y_i\}$ за законом $Y_i = -\ln(y_i)$. На основі такого перетворення традиційний фазовий портрет $\{x_i, y_i\}$ переводиться у логарифмічно-фазовий простір $\{x_i, Y_i\}$. Математично показано, що логарифмічне перетворення переводить абсолютну зміну координати у відносну, і підвищує чутливість представлення до малих значень фазової координати. Розроблено послідовність обробки часових рядів, що включає видалення перехідного процесу, нормування, логарифмічне перетворення та побудову логарифмічно-фазової траєкторії. Запропоновано кількісні характеристики трансформованого портрета: діапазон зміни логарифмічної координати, дисперсія логарифмічної координати, середньоквадратичне відхилення та довжину фазової траєкторії.

**Ключові слова:** генератор Чуа, нелінійна динамічна система, детермінований хаос, фазовий портрет, логарифмічно-фазовий аналіз, логарифмічне перетворення, атрактор, BDS-тест, показник Ляпунова, коефіцієнт Херста.

**Введення.** Дослідження нелінійних динамічних систем є одним із важливих напрямів сучасної теорії коливань, нелінійної електроніки та теорії хаосу. Особливе місце серед модельних систем займає генератор Чуа, який є фізично реалізованою нелінійною електронною системою третього порядку та здатний демонструвати широкий спектр динамічних режимів. Класичні дослідження генератора Чуа продемонстрували можливість існування складних атракторів і біфуркаційних переходів у відносно простій електричній схемі [1; 2; 3]. Важливим напрямом досліджень є встановлення зв'язку між зміною параметрів схеми та перебудовою фазового портрета. Біфуркаційний аналіз генератора Чуа показує, що зміна параметрів може приводити до послідовних якісних змін динаміки, включаючи періодичні та складні режими [3]. Одним із найбільш наочних способів дослідження динаміки генератора Чуа є геометричний аналіз фазового портрета. Траєкторія системи у просторі змінних стану дозволяє

виявити відмінності між регулярними та хаотичними режимами. Для генератора Чуа традиційно використовуються координати напруг на конденсаторах та струму через індуктивність. Структура подвійного спірального атрактора стала одним із класичних прикладів експериментального спостереження хаотичної динаміки в електронній системі [2; 3]. Разом із геометричним аналізом використовуються кількісні методи дослідження хаосу. Метод Rosenstein, Collins та De Luca дозволяє оцінювати найбільший показник Ляпунова безпосередньо за часовим рядом і був спеціально розроблений як практичний метод для скінченних вибірок, що характеризує експоненціальне розходження близьких траєкторій [4]. Метод Broock–Dechert–Scheinkman–LeBaron (BDS-тест) базується на кореляційній інтегральній характеристиці та використовується як тест незалежності й специфікації часових рядів [5]. Додаткову інформацію про властивості часової послідовності може надавати коефіцієнт Херста. Початкова робота H. E. Hurst була присвячена аналізу довготривалої залежності у часових рядах і сформувала основу методу rescaled range analysis [6]. Геометричні характеристики традиційного фазового портрета не завжди достатньо чутливі до локальних змін однієї з координат. Зокрема, якщо значна частина значень $\{y_i\}$ концентрується поблизу нуля або динамічний діапазон $\{y_i\}$ є широким, частина структури фазової траєкторії може візуально стискатися. Для розширення можливостей фазового аналізу у цій роботі пропонується застосувати логарифмічне перетворення фазових координат $\{y_i\}$:
та досліджувати траєкторію у координатах$\{x_i, Y_i\}$. Запропонований підхід називається методом логарифмічно-фазового аналізу генератора Чуа.

**Мета та задачі дослідження.** Метою роботи є розроблення та обґрунтування методу логарифмічно-фазового аналізу генератора Чуа на основі нелінійного перетворення фазової координати та визначення можливості його використання для дослідження структурних змін динамічних режимів при зміні параметрів генератора. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі: проаналізувати математичну модель генератора Чуа та визначені змінні стану для побудови фазового портрета; дослідити традиційне фазове представлення у координатах (x,y); математично обґрунтувати використання логарифмічне перетворення; розробити алгоритм побудови логарифмічно-фазового портрета; визначити кількісні характеристики логарифмічно-фазової траєкторії.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Генератор Чуа є класичною нелінійною електронною системою, яка широко використовується для дослідження детермінованого хаосу, біфуркацій, атракторів та інших явищ нелінійної динаміки. Особливість генератора полягає в тому, що відносно проста електрична схема (рис. 1) здатна формувати дуже складні часові та фазові залежності. Саме тому схема Чуа стала одним із базових фізичних об'єктів для експериментального дослідження хаотичних процесів [7].

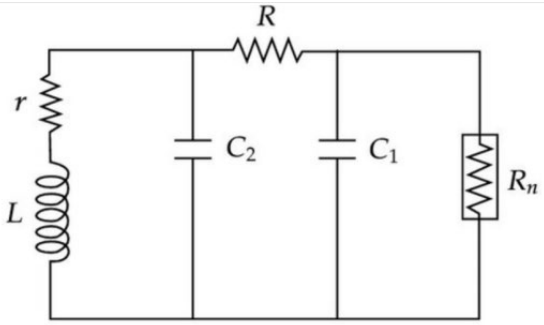



Рисунок 1. Проста модель схеми генератора Чуа

Класичний генератор Чуа містить два конденсатори $C_1$ і $C_2$, індуктивність L, лінійний резистор R та нелінійний елемент – **діод Чуа**. У практичних схемах нелінійний елемент реалізується на операційних підсилювачах або транзисторних структурах. Відмінною особливістю є його нелінійна вольт-амперна характеристика, яка в класичному випадку апроксимується кусочно-лінійною функцією. Основними змінними стану генератора є:$V1(t)$ – напруга на конденсаторі $C_1$;$V2(t)$ – напруга на конденсаторі $C_2$; $i_L(t)$ – струм через індуктивність L. Таким чином, система має три незалежні змінні стану, а її фазовий простір є тривимірним $(V_1, V_2, i_L)$. У фізичних змінних динаміка генератора Чуа може бути представлена системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} C1\dfrac{dV_{C1}}{dt} = \dfrac{1}{R}(V_{C2} - V_{C1}) - f(V_{C1}), \\ C2\dfrac{dV_{C2}}{dt} = \dfrac{1}{R}(V_{C1} - V_{C2}) - i_{L1}, \\ L\dfrac{di_L}{dt} = -V_{C2}, \end{cases} \quad (1)$$

де $V_{C1}, V_{C2}$ – напруги на конденсаторах C1, C2; $i_L$ – струм на індуктивності L; $f(V_{C1})$ – кусково-лінійна функція, що характеризує нелінійний діод Чуа; R – лінійний опір.

Кусково-лінійну характеристику можна записати у вигляді:

$$f(V_{C1}) = G_b V_{C1} + \frac{1}{2}(G_a - G_b)\big((V_{C1} + E) - (V_{C1} - E)\big) \quad (2)$$

де E – точки, що відповідають зламу кривої, $G_a, G_b$ – крутизна ламаних ліній ВАХ.

Для дослідження динаміки генератора Чуа широко використовується фазовий портрет. У тривимірному випадку він визначається як:

$$\{(V_1(t), V_2(t), i_L(t))\}. \quad (3)$$

Для запропонованого методу найбільш доцільно використовувати дві фазові координати:

$$x = V_1(t), y = V_2(t). \quad (4)$$

Для логарифмічно-фазового аналізу вводиться нова координата

$$Y = -\ln(y). \quad (5)$$

У результаті формується трансформований фазовий портрет

$$\{x, Y\} = \{\big(V_1(t), -\ln(V_2(t))\big)\}. \quad (6)$$

Важливою властивістю цього перетворення є:

$$\frac{dY}{dy} = -\frac{1}{y}. \quad (7)$$

Отже, при малих значеннях $V_2$ логарифмічне перетворення значно збільшує чутливість координати Y до зміни $V_2$. Саме ця властивість є основою запропонованого **логарифмічно-фазового аналізу генератора Чуа.** При цьому логарифмічне перетворення не змінює вихідний часовий ряд – воно змінює лише спосіб його геометричного представлення у фазовому просторі.

Для кількісного опису логарифмічно-фазового портрета запропоновано використовувати наступні показники:

1. Діапазон зміни логарифмічної координати Y:

$$\Delta Y = Y_{max} - Y_{min}. \quad (8)$$

Цей показник характеризує вертикальний розмах логарифмічно-фазового портрета.

2. Середнє значення логарифмічної координати:

$$\overline{Y} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} Y_i\,. \quad (9)$$

Цей показник характеризує середнє положення траєкторії в логарифмічному напрямку.

3. Дисперсія логарифмічної координати:

$$D_Y = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} (Y_i - \overline{Y})^2\,. \quad (10)$$

Відповідне середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma_Y = \sqrt{D_Y}. \quad (11)$$

Зростання $\sigma_Y$ означає збільшення розсіювання траєкторії у логарифмічному напрямку.

4. Довжина логарифмічно-фазової траєкторії. Для дискретного часового ряду $(x_i, Y_i)$, $i = 1, \dots, N$, довжина траєкторії визначається:

$$S_L = \sum_{i=1}^{N-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (Y_{i+1} - Y_i)^2}\,. \quad (12)$$

Цей показник характеризує сумарну геометричну складність траєкторії у трансформованому фазовому просторі.

Метод логарифмічно-фазового аналізу складається з наступних етапів:

Етап 1. Формування часового ряду – отримуються дані, шляхом чисельного моделювання або експериментально.

Етап 2. Видалення перехідного процесу – початкову частину часової реалізації вилучають. Це необхідно для того, щоб фазовий портрет характеризував встановлений режим.

Етап 3. Нормування – перевага використання безрозмірного відношення полягає в тому, що аргумент натурального логарифма стає безрозмірним.

Етап 4. Логарифмічне перетворення – логарифмічне перетворення переводить абсолютну зміну координати у відносну. Ця властивість є принциповою для запропонованого методу.

Етап 5. Побудова логарифмічно-фазового портрета.

Етап 6. Кількісний аналіз.

Для перевірки запропонованого метода, шляхом імітаційного моделювання, в програмі LTspice була зібрана схема генератора Чуа (рис. 2).

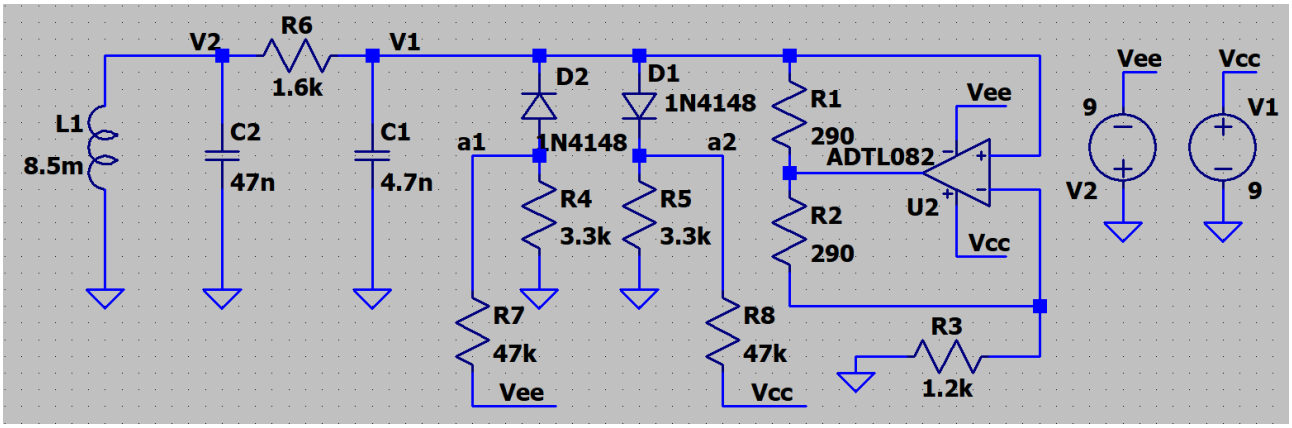



Рисунок 2. Електрична принципова схема генератора Чуа

Традиційним фазовим портретом генератора Чуа є атрактор «подвійний завиток» (double-scroll) (рис.3), який отримав свою назву через форму траєкторії, що почергово обертається навколо двох точок рівноваги.

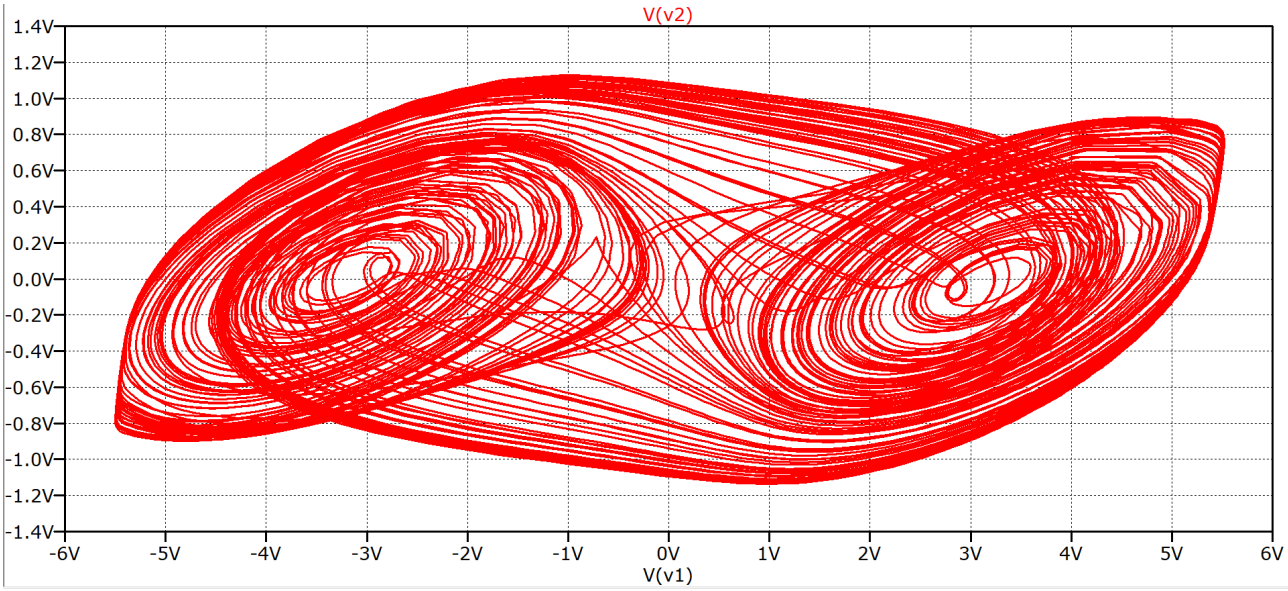



Рисунок 3. Атрактор «подвійний завиток» генератора Чуа

Оскільки генератор Чуа надзвичайно чутливий до початкових умов, навіть мінімальна зміна параметрів елементів (рис. 4), що входять до схеми, призводить до деформації атрактора або переходу від хаосу до структурованих коливань.

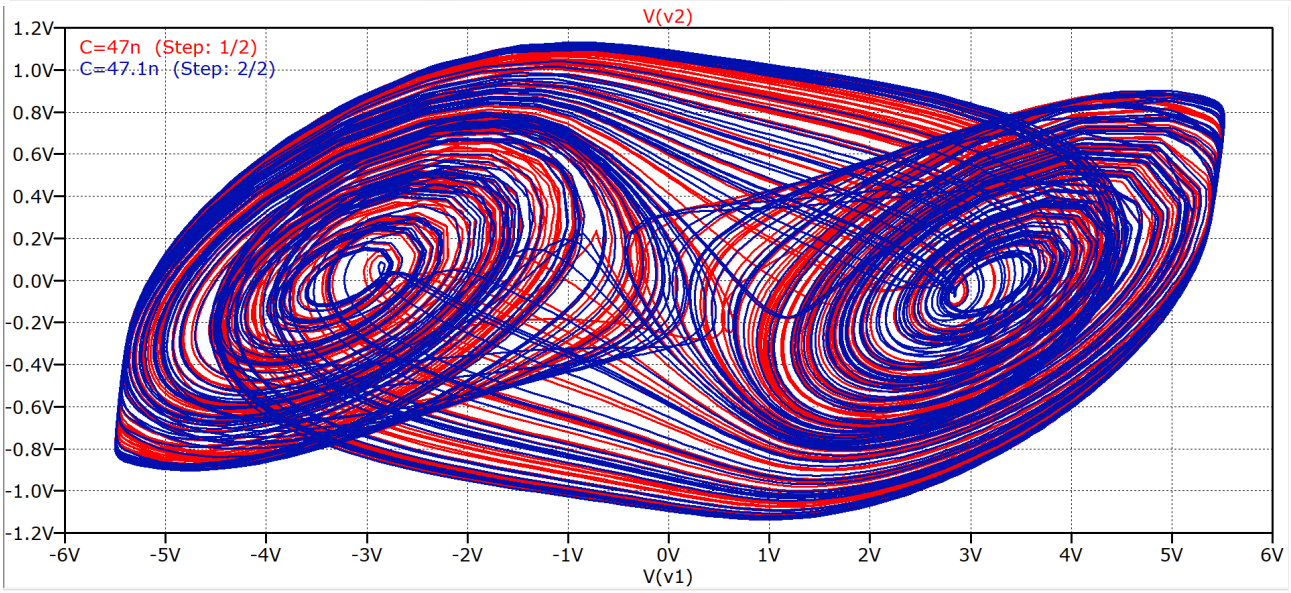



Рисунок 4. Атрактор «подвійний завиток» генератора Чуа, при С2=47 нФ,С2=47,1нФ

Після застосування нелінійного перетворення фазовий портрет «подвійний завиток» набуває вигляду (рис. 5):

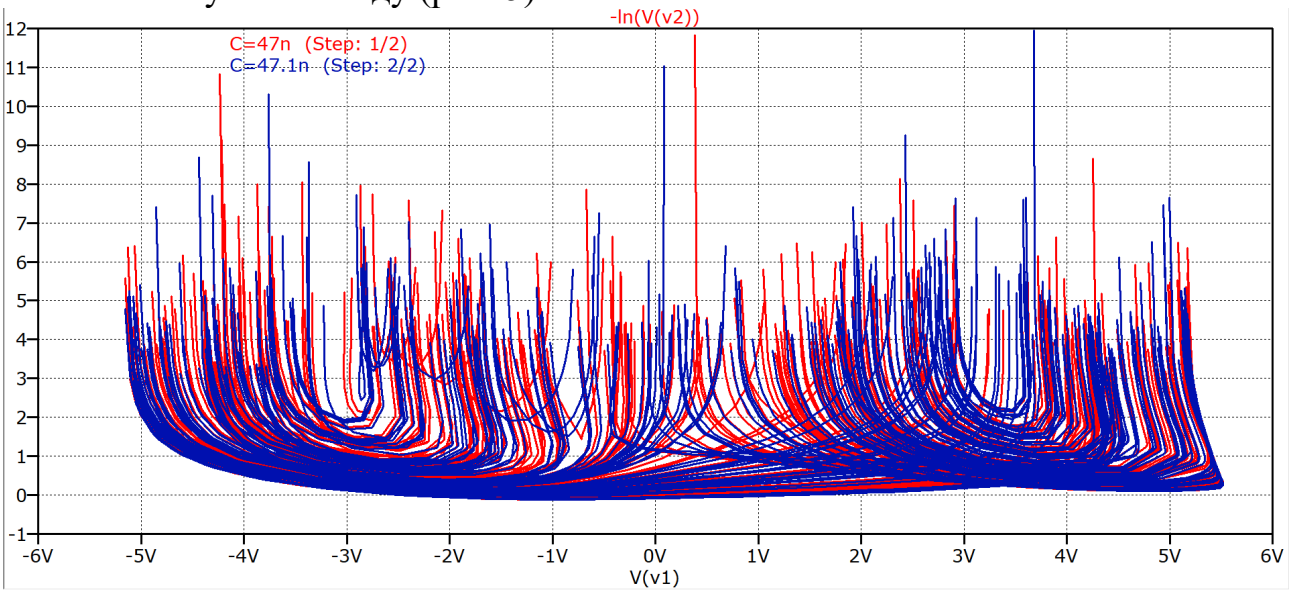



Рисунок 5. Нелінійне перетворення атрактора «подвійний завиток» генератора Чуа, при С2=47 нФ,С2=47,1нФ

Отже, традиційний портрет (рис. 4) відображає фізичну фазову геометрію системи без перетворення координат. Логарифмічно-фазовий портрет (рис. 5) відображає ту саму часову реалізацію після нелінійної трансформації. Тому два портрети мають використовуватися спільно. Традиційний фазовий портрет (рис. 4) необхідний для фізичної інтерпретації стану системи, тоді як логарифмічний портрет (рис. 5) може використовуватися для підсилення локальних особливостей траєкторії. Зміна геометрії логарифмічно-фазового портрета не означає автоматично зміну фізичного атрактора. Це наслідок координатного перетворення.

Отримані результати показують, що основний ефект перетворення проявляється при малих значеннях y, де звичайний фазовий портрет має низьку роздільність.

**Висновки.**

1. Запропоновано метод логарифмічно-фазового аналізу генератора Чуа, який ґрунтується на перетворенні фазової координати.

2. Математично встановлено, що запропоноване перетворення забезпечує перехід від абсолютної до відносної зміни фазової координати.

3. Логарифмічне перетворення збільшує роздільність області малих значень (|y|), що створює можливість детальнішого дослідження локальної структури фазової траєкторії.

4. Для кількісного опису логарифмічно-фазового портрета запропоновано використовувати діапазон зміни логарифмічної координати, дисперсію логарифмічної координати, середньоквадратичне відхилення та довжину фазової траєкторії.

5. Запропонований метод може застосовуватися для параметричного дослідження генератора Чуа при зміні параметрів елементів.

6. Перспективним напрямом подальших досліджень є застосування методу до експериментальних і LTspice-даних генератора Чуа з побудовою залежностей та визначенням параметричних областей переходу між регулярними, псевдогармонічними та хаотичними режимами.

## Список використаних джерел

1. Chua, L. O. (1992). The Genesis of Chua's Circuit (Technical Report UCB/ERL M92/1). University of California, Electronics Research Laboratory. http://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/1992/Archive/ERL-92-1.pdf
2. Matsumoto, T., Chua, L. O., & Komuro, M. (1985). The double scroll. IEEE Transactions on Circuits and Systems, 32 (8), 797–818. https://doi.org/10.1109/TCS.1985.1085791
3. Chua, L. O., & Huynh, L. T. (1992). Bifurcation Analysis of Chua's Circuit (Technical Report UCB/ERL M92/96). University of California, Electronics Research Laboratory.
http://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/1992/Archive/ERL-92-96.pdf
4. Rosenstein, M. T., Collins, J. J., & De Luca, C. J. (1993). A practical method for calculating largest Lyapunov exponents from small data sets. Physica D: Nonlinear Phenomena, 65 (1–2), 117–134. https://doi.org/10.1016/0167-2789(93)90009-P
5. Broock W. A., Dechert W. D., Scheinkman J. A., LeBaron B. (1996). A test for independence based on the correlation dimension. Econometric Reviews, 15(3), 197–235. https://doi.org/10.1080/07474939608800353
6. Hurst H. E. (1951). Long-Term Storage Capacity of Reservoirs. Transactions of the American Society of Civil Engineers, 116(1), 770–799. https://doi.org/10.1061/TACEAT.0006518
7. Guo, W., & Liu, D. (2011). Adaptive control of chaos in Chua's circuit. Mathematical Problems in Engineering, 2011, 1–14. https://doi.org/10.1155/2011/620946

**UDC 621.928.37 : 532.529**

**DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.014.275-277**

# INFLUENCE OF VIBROPRILLER BASKET GEOMETRY ON DROPLET AND PRILL TRAJECTORIES IN A PRILL TOWER

**Karutskyi Andrii**
PhD student
Department of Industrial Engineering,
Sumy State University, Sumy, Ukraine

**Abstract.** The paper investigates how the geometric configuration of a rotating vibropriller basket — specifically the radial position of the outlet holes and the angle of melt jet outflow — affects the initial velocity components and resulting trajectories of droplets and prills in a high-capacity prill tower. A mathematical model based on the numerical integration of droplet motion equations was applied to a tower with an internal diameter of 24 m, a prill flight height of 80 m and a urea melt load of 175 t/h, at a basket rotation speed of 180 rpm. It is shown that increasing the hole radius from 125 to 250 mm markedly widens the melt plume, while decreasing the outflow angle from 45° to 5° increases the horizontal velocity component by 20–25%. The results provide a basis for selecting basket geometry at the design stage of high-capacity granulation equipment.

Keywords: prill tower, vibropriller, basket, hole radius, outflow angle, droplet trajectory, prill, melt plume.

**Introduction.** In high-capacity prilling towers equipped with rotating vibroprillers, the initial motion of melt jets, droplets, and prills is strongly influenced by the basket geometry, particularly by the radial position of the outlet holes and the melt jet outflow angle. For the prill tower considered in this study, the effect of basket rotation speed on the resulting melt plume geometry has been established previously [1], and the hydrodynamics of the melt flow in the flow-through part of the basket have been characterized separately for high-capacity vibroprillers [2]. The present study extends this work to the effect of hole placement radius and outflow angle, which are set independently of rotation speed. The choice of basket geometry is further related to the rheological behaviour of the melt at the outlet, since temperature-dependent viscosity and the propagation of mechanical vibrations inside the basket affect the conditions of jet formation at each hole [3]. Because the basket diameter is considerably smaller than the tower diameter, the basket is rotated to distribute prills uniformly over the tower cross-section; however, existing models rarely quantify how the hole placement radius and the jet outflow angle, defined by the shape of the basket bottom (conical, spherical or toroidal), affect the resulting particle trajectories. A rational choice of basket design therefore requires a quantitative link between hole placement, outflow angle and the resulting particle kinematics, which is the subject of the present study.

**Aim and objectives of the study.** The aim of the work is to determine how the radius of the outlet holes on a vibropriller basket and the angle of jet outflow relative to the horizontal plane affect the initial velocity components and the trajectories of droplets and prills in a prill tower. To achieve this aim, the following objectives were addressed:

– to establish the relationship between the hole placement radius and the radial displacement of prill trajectories;

– to determine the effect of the jet outflow angle, set by the basket bottom geometry, on the horizontal and vertical velocity components of droplets and prills;

**Materials and methods.** The motion of melt jets, droplets and prills was analysed using a mathematical model based on the numerical integration of a system of second-order ordinary differential equations of droplet motion in air, taking into account aerodynamic drag and gravity, with droplets assumed spherical and non-interacting.

Calculations were performed for a prill tower with parameters typical of large-tonnage urea production [1], summarized in Table 1, at a basket rotation speed of 180 rpm, using Maple 2025 (Waterloo Maple Inc., Canada) for numerical integration and trajectory construction. Two hole placement radii (r = 250 mm and r = 125 mm) and two outflow angles corresponding to different basket bottom shapes — a conical basket ($\alpha = 5°$) and a toroidal basket ($\alpha = 45°$) — were compared.

Table 1. Parameters of the calculation model

| **Parameter** | **Value** |
|---|---|
| Internal tower diameter | 24 m |
| Prill flight height | 80 m |
| Urea melt load | 175 t/h |
| Basket rotation speed | 180 rpm |
| Hole placement radius | 125 mm / 250 mm |
| Outflow angle | 5° (conical) / 45° (toroidal) |

**Results and discussion.** Increasing the hole placement radius from 125 mm to 250 mm increases the circumferential component of the initial jet velocity and results in a markedly greater radial displacement of prill trajectories (Fig. 1, a), directly widening the melt plume; holes located at the larger radius therefore contribute disproportionately to the geometry of the plume. This trend is consistent with the general relationship between crossflow velocity and jet penetration reported for liquid jets in a gas crossflow, where a higher lateral velocity component at the point of injection increases the horizontal penetration depth of the resulting droplets.

The outflow angle, determined by the basket bottom geometry, redistributes the initial velocity between its horizontal and vertical components (Fig. 1, b): decreasing the angle from 45° (toroidal basket) to 5° (conical basket) increases the initial horizontal velocity component from about 3.0–3.2 m/s to 3.8–4.0 m/s, an increase of 20–25%, which directly intensifies the radial opening of the plume, while the vertical velocity component stabilizes at about 8.5–8.7 m/s regardless of the basket type and governs the interaction of falling prills with the counter-flowing air and their cooling conditions.

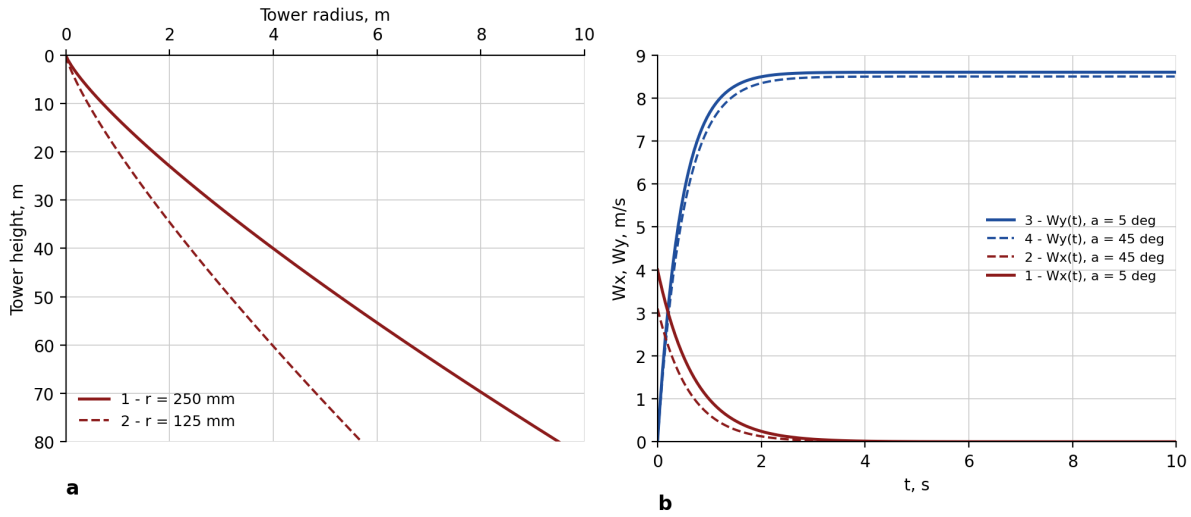



Fig. 1. Calculated kinematic characteristics of prill motion in the prill tower at a basket rotation speed of 180 rpm: a — trajectories for two hole placement radii (1 – r = 250 mm; 2 – r = 125 mm); b — horizontal Wx(t) and vertical Wy(t) velocity components (1 – Wx(t) at α = 5°; 2 – Wx(t) at α = 45°; 3 – Wy(t) at α = 5°; 4 – Wy(t) at α = 45°)

**Conclusions.** The radius of hole placement on a vibropriller basket and the jet outflow angle set by the basket bottom geometry are both significant design parameters that govern the horizontal and vertical velocity components of jets, droplets and prills and, consequently, the geometry of the melt plume. Holes located farther from the basket axis, as well as smaller outflow angles (conical baskets), increase the horizontal velocity component and the radial spread of the plume by roughly 20–25%, while the vertical velocity component is largely insensitive to the outflow angle. These relationships allow the basket configuration to be selected at the design stage so as to avoid contact of non-crystallized droplets with the tower walls and to control the interaction of plumes from adjacent vibroprillers in the same tower.

## References

1. Sklabinskyi, V., Karutskyi, A. Identification of the influence of the rotational motion of a vibropriller basket on melt jets and droplets of mineral fertilizers in a prilling tower // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2026. – Vol. 1, No. 1(139). – P. 51–58. DOI: 10.15587/1729-4061.2026.353110

2. Каруцький А. Ю. Особливості гідродинаміки розплаву мінеральних добрив у проточній частині високопродуктивних вібраційних грануляторів // Сучасні технології у промисловому виробництві : матеріали XIII Всеукраїнської науково-технічної конференції, м. Суми : Сумський державний університет, 2026. – С. 182–183.

3. Склабінський В. І., Юрченко О. Ю., Нічволодін К. В., Каруцький А. Ю. Вплив температури на в'язкість та поширення вібрацій у розплаві карбаміду в корзині обертового вібраційного гранулятора // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів. – 2025. – № 4(62). – С. 113–117. DOI: 10.32782/msnau.2025.4.16

# СЦЕНАРНО-БАР'ЄРНИЙ АЛГОРИТМ РЕКОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ НАДЗВИЧАЙНОЇ ПОДІЇ У СУДОВІЙ ГІРНИЧОТЕХНІЧНІЙ ЕКСПЕРТИЗІ

**Пугач Іван**
кандидат технічних наук, доцент, судовий експерт
**Харченко Віталій**
доктор філософії, завідувач лабораторії
Дніпропетровський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр
МВС України, Україна
**Пугач Інна**
судовий експерт, який не є працівником державної спеціалізованої установи,
м. Дніпро, Україна

**Анотація.** Запропоновано сценарно-бар'єрний алгоритм реконструкції механізму надзвичайної події у судовій гірничотехнічній експертизі, що передбачає паралельну перевірку альтернативних технічних сценаріїв за необхідними умовами, очікуваними й дискримінувальними ознаками та функціональним станом бар'єрів. На знеособленому випадку некерованого руху двох вантажних вагонеток показано, що локальна невизначеність первинного механізму відокремлення не знецінює інваріантні елементи подальшої аварійної траєкторії; алгоритм запропоновано як реконструктивний модуль судової гірничотехнічної експертизи.

**Ключові слова:** судова гірничотехнічна експертиза, сценарна реконструкція, технічний сценарій, бар'єр безпеки, дискримінувальна ознака.

**Вступ.** Судова гірничотехнічна експертиза (далі – СГтЕ) пов'язана з ретроспективним дослідженням подій у складних технічних і виробничих системах. Механізм надзвичайної події може охоплювати послідовну зміну технічних станів і режимів технологічного процесу, переміщення обладнання, спрацювання або втрату функцій захисних систем та взаємодію технічних і організаційних елементів. Тому одним із завдань експертного дослідження є реконструкція переходу від початкового стану системи до зафіксованого негативного наслідку.

Методична складність виникає, коли один кінцевий стан сумісний із декількома технічно можливими передісторіями. Так, відокремлення елемента транспортної системи може бути наслідком виходу зчіпного елемента із зачеплення, його руйнування або втрати утримання в іншій частині тягової системи, тоді як подальші сліди можуть бути близькими. Тому сумісність версії з наслідком не доводить її фактичної реалізації, а невизначеність одного технічного переходу не робить невстановленими інші елементи механізму, якщо вони мають незалежну фактичну підтримку.

Отже, потрібна процедура, яка не примушує передчасно обирати одну з альтернативних версій і водночас зберігає встановленими незалежно

підтверджені елементи механізму; таку функцію виконує запропонований сценарно-бар'єрний алгоритм.

**Стан наукової розробленості проблеми.** Сучасні дослідження безпеки складних технічних і соціотехнічних систем характеризуються переходом від лінійного пояснення аварій до системних і динамічних моделей взаємодії технічних, людських, організаційних і керувальних складових [1, 2], зокрема FRAM і STAMP поряд із традиційними деревоподібними та сценарними техніками [2].

Функціональний аналіз розглядає safety barriers як фізичні й нефізичні засоби запобігання або обмеження небезпечних подій у контексті відповідної соціотехнічної системи [3, 4]. Для цієї роботи визначальною є функція бар'єра – запобігти небезпечному переходу, перервати сформовану траєкторію або обмежити її наслідки.

Сценарний компонент аналізу представлений і в сучасному методичному забезпеченні ризик-аналізу. У IEC 31010:2019 серед відповідних технік наведено, зокрема, сценарний аналіз, event tree analysis, fault tree analysis і bow tie analysis [5]. У сучасних дослідженнях гірничої безпеки сценарні підходи застосовуються для побудови та аналізу альтернативних траєкторій розвитку аварійних подій [6].

Водночас судово-експертна реконструкція принципово відрізняється від перспективного оцінювання ризику: її завданням є ретроспективне встановлення того, які технічні траєкторії сумісні з уже сформованим комплексом фактичних даних. Тому сценарій має перевірятися не через загальну правдоподібність, а через очікувані за його реалізації технічні ознаки та їх співвідношення з фактично встановленими обставинами.

У попередніх дослідженнях розроблено хронологічний і фазово-модульний підходи до реконструкції гірничотехнічних подій [7, 8] та методичні й процесуальні аспекти каузального аналізу [9, 10]. Запропонована модель має інший предмет – альтернативний технічний сценарій ($S_i$), його необхідні умови, очікувані ознаки та функціональні бар'єри. Вона функціонує всередині реконструктивної операції, де один установлений стан допускає декілька технічно можливих пояснень, і спрямована на їх паралельну перевірку та визначення встановленої частини механізму.

**Мета дослідження** – сформувати сценарно-бар'єрний алгоритм реконструкції механізму надзвичайної події у СГтЕ, який забезпечує паралельну перевірку альтернативних технічних сценаріїв за їх необхідними умовами, очікуваними ознаками, дискримінувальними відомостями та функціональним станом бар'єрів і дає змогу визначати межі реконструйованого механізму без передчасного вибору однієї версії.

**Матеріали та методи дослідження.** Теоретичну основу становлять сучасні системні підходи до аналізу аварій [1, 2], дослідження функціональних бар'єрів [3, 4] та сценарні техніки аналізу [5, 6]. Застосовано системно-структурний, формально-логічний, порівняльний і реконструктивний методи для

моделювання послідовності технічних станів і бар'єрів, визначення умов та очікуваних ознак сценаріїв, їх паралельного зіставлення й переходу від установленого кінцевого стану до технічно можливих попередніх станів.

Практичну частину побудовано на знеособлених матеріалах завершеного експертного провадження щодо аварії під час канатної відкатки у похилій гірничій виробці, що охоплювали матеріали спеціального розслідування, технічну документацію, схему транспортної системи, дані технічного обстеження та результати експертного дослідження. Кейс використано для демонстрації реконструктивної логіки та практичної застосовності алгоритму, а не для повторного встановлення причин події чи персональної відповідальності.

**Результати дослідження та їх обговорення**

**Основні поняття сценарно-бар'єрної реконструкції.** Під технічним сценарієм у межах цієї роботи пропонується розуміти логічно й фізично допустиму модель послідовності технічних станів і переходів, за якої певний комплекс умов може привести до фактично встановленого стану або наслідку.

Технічний сценарій не тотожний експертному висновку, а є проміжною реконструктивною моделлю, що підлягає перевірці. Тому дослідження має будуватися не за схемою «обрана версія → пошук підтверджень», а за логікою: фактично встановлені обставини → множина технічно можливих сценаріїв → паралельна перевірка → відсів, збереження або підтримка сценаріїв → визначення меж реконструкції.

Початкову основу утворюють інваріантні обставини – факти, технічні стани або сліди, встановленість яких не залежить від вибору конкурентного сценарію: кінцеве положення чи переміщення об'єкта, характер пошкодження, факт контакту, установлене роз'єднання системи або інша обставина із самостійною джерельною основою.

Для кожного сценарію необхідно визначити необхідні умови його реалізації. Якщо хоча б одна критично необхідна умова достовірно відсутня, сценарій не може залишатися допустимим поясненням.

Наступним рівнем є очікувані технічні ознаки – результати, сліди або стани, які повинні чи можуть виникнути за реалізації конкретного механізму. Однак сама сумісність певної ознаки зі сценарієм не забезпечує його диференціації від інших сценаріїв.

Ключовим поняттям запропонованого підходу є дискримінувальна ознака сценарію – фактична або технічно інтерпретована відомість, очікуване значення якої відрізняється для двох або більше конкуруючих сценаріїв і дає змогу підтримати, послабити або виключити принаймні один із них.

Звідси випливає один із базових принципів запропонованої моделі: значення має не арифметична кількість ознак, сумісних зі сценарієм, а їхня дискримінувальна сила щодо конкретних конкурентних сценаріїв.

Окремим елементом моделі є функціональний бар'єр. У цій роботі під ним розуміється технічний або організаційно-технічний елемент чи комплекс

елементів, функція якого полягає у запобіганні небезпечному переходу, перериванні сформованої небезпечної траєкторії, її обмеженні або зміні. Для реконструкції важливо не лише встановити факт наявності бар'єра, а визначити його функцію, умови реалізації цієї функції, фактичний стан та сліди спрацювання або втрати функції.

**Загальний сценарно-бар'єрний алгоритм.** Запропонована процедура починається з фактично встановленого кінцевого стану або комплексу наслідків, а не з наперед обраної версії їх виникнення. Після виділення інваріантних обставин формуються технічно можливі сценарії ($S_1 \ldots S_n$), кожен із яких має пояснювати перехід від установлених вихідних умов до зафіксованого результату. Для кожного сценарію визначаються необхідні умови його реалізації, очікувані технічні ознаки та функціональні бар'єри, які за відповідної конфігурації системи могли запобігти небезпечному переходу, перервати його або змінити подальшу траєкторію події.

Узагальнено процедуру можна представити так: фактично встановлений кінцевий стан → інваріантні обставини → формування $S_1 \ldots S_n$ → необхідні умови сценаріїв → очікувані технічні ознаки → функціональні бар'єри $B_1 \ldots B_m$ → зіставлення з матеріалами → дискримінувальні ознаки → методичний статус $S_i$ → множина невиключених сценаріїв → спільні елементи механізму та точки розходження → реконструйований механізм у встановлених межах.

Алгоритм розмежовує перевірку технічної сумісності сценарію з фактичними даними та визначення частини механізму, спільної для невиключених сценаріїв, і тому не зводиться до ранжування версій за правдоподібністю.

Після зіставлення очікуваних ознак із матеріалами дослідження виділяються відомості, що мають дискримінувальне значення. На цій основі кожен сценарій отримує проміжний методичний статус. Сценарії, які суперечать установленим фактам, необхідним технічним умовам або обов'язковим очікуваним ознакам, відсіюються; інші зберігаються для подальшої перевірки. Водночас функціональний стан бар'єрів оцінюється не як самостійний доказ «правильності» певної версії, а як елемент конкретної траєкторії: один і той самий стан бар'єра може бути сумісним із декількома сценаріями й тому мати високу реконструктивну, але низьку дискримінувальну цінність.

Алгоритм не вимагає обов'язкового завершення реконструкції єдиним сценарієм. Якщо, наприклад, $S_1$ і $S_2$ не суперечать установленим фактам, але наявні відомості не дозволяють їх надійно диференціювати, обидві версії залишаються невиключеними. У такому разі невизначеність локалізується саме в точці їх розходження, а об'єктом подальшого аналізу стає та частина механізму, яка залишається спільною для обох сценаріїв. Такий підхід запобігає перенесенню невизначеності окремої ланки на ті елементи події, що мають незалежну фактичну підтримку.

Концептуально спільне ядро реконструйованого механізму можна представити як перетин:

$$M_{core} = \bigcap_{i=1}^{k} M(S_i), \quad (1)$$

де $M_{core}$ – спільна реконструйована частина механізму, а $M(S_i)$ – множина елементів механізму, сумісних із кожним сценарієм $S_i$; k – кількість сценаріїв, що після перевірки залишилися невиключеними.

Водночас поряд зі спільним ядром фіксуються точки сценарного розходження – елементи механізму, значення яких відрізняються залежно від того, який із невиключених сценаріїв реалізувався фактично. Саме для таких точок визначається, які додаткові відомості здатні виконати дискримінувальну функцію. Якщо їх отримання неможливе, невизначеність не усувається штучним вибором однієї версії, а зберігається як встановлена межа реконструкції.

Наведене співвідношення не є ймовірнісною моделлю та не призначене для кількісного ранжування сценаріїв. Воно формалізує методичне положення про можливість часткової, але обґрунтованої реконструкції механізму за збереження локальної сценарної невизначеності.

**Перевірка окремого сценарію та його методичний статус.** Послідовність перевірки сценарію та визначення його методичного статусу наведено на рис. 1.

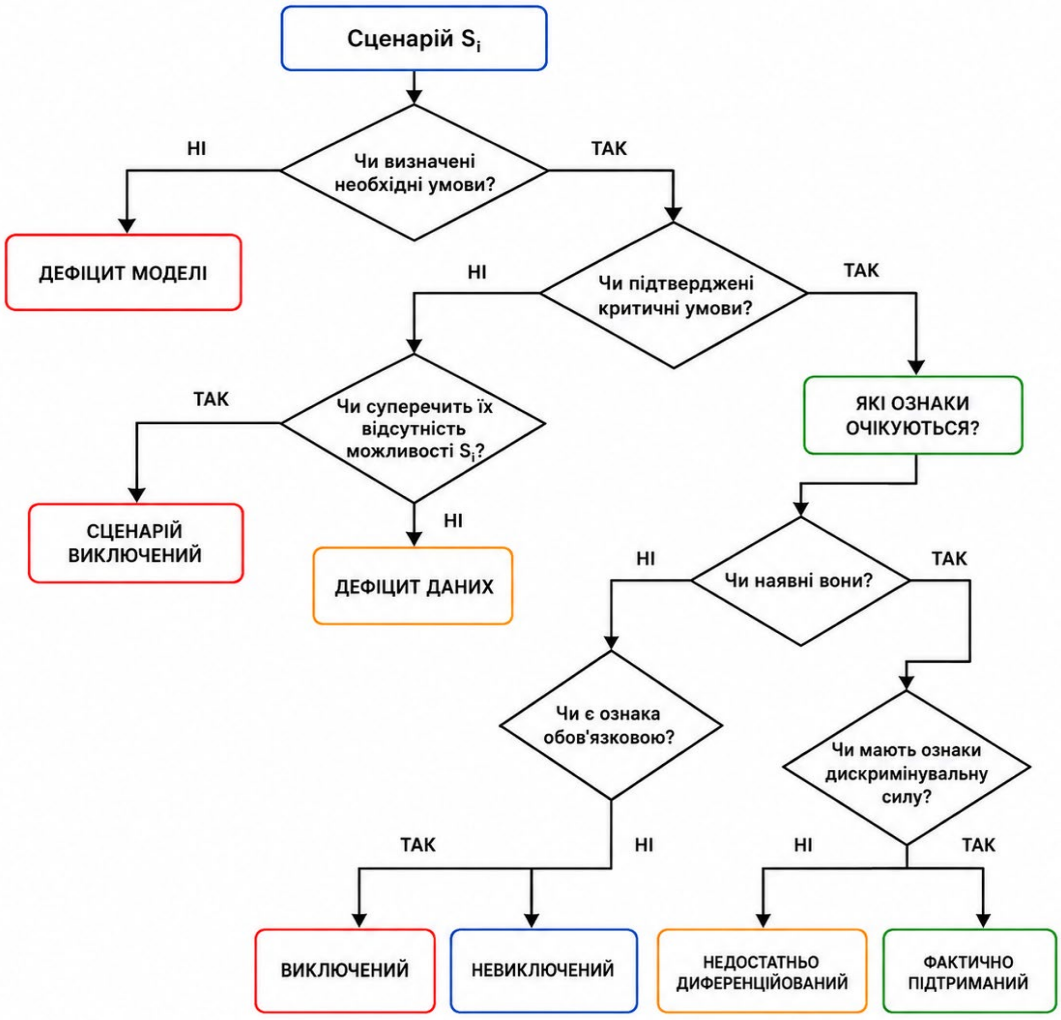



Рисунок 1. Алгоритм перевірки окремого технічного сценарію

Відсутність ознаки може бути підставою для виключення сценарію лише тоді, коли вона є необхідним наслідком відповідного механізму, а об'єкт досліджено так, що її відсутність справді встановлена. Тому відсутність у документі згадки про розрив за $S_2$ ще не доводить його фізичної відсутності, тоді як безпосередня фіксація цілісного елемента без слідів руйнування має іншу методичну силу. Отже, статус сценарію залежить не лише від змісту відомості, а й від її здатності диференціювати конкретне сценарне розходження.

Таблиця 1 – Методичні статуси альтернативних технічних сценаріїв

| Статус | Критерій | Методичне використання |
|---|---|---|
| Виключений | суперечить установленому факту, необхідній технічній умові або обов'язковій очікуваній ознаці | не використовується в подальшій реконструкції |
| Невиключений | не суперечить установленим фактам, але специфічної підтримки недостатньо | залишається серед технічно допустимих сценаріїв |
| Недостатньо диференційований | наявні дані не дозволяють відрізнити його від іншого невиключеного сценарію | потребує дискримінувальної інформації або локалізації невизначеності |
| Фактично підтриманий | критичні умови узгоджуються з матеріалами та наявна значуща ознака, що відрізняє сценарій від конкурентної версії | використовується для реконструкції в межах фактично підтриманих елементів |

Як узагальнено в табл. 1, статус «недостатньо диференційований» характеризує невиключений сценарій у його співвідношенні з конкретною конкурентною версією, коли наявних відомостей недостатньо для їх надійного розмежування.

Статус сценарію не є кількісною ймовірністю, не означає ступеня вини, не є формою експертного висновку і не замінює підсумкової експертної відповіді. Це проміжний методичний статус альтернативної технічної версії у процедурі реконструкції механізму події.

У виробці здійснювався керований спуск змішаного рухомого складу. До групи вагонеток типу А було приєднано дві завантажені вагонетки типу Б із використанням нештатного ланцюгового з'єднання. Під час подальшого переміщення дві вагонетки типу Б втратили механічний зв'язок із керованою частиною состава та перейшли у самочинний рух униз похилою виробкою.

На подальшій траєкторії функціонувала система захисних бар'єрів. Один із них не реалізував функцію перехоплення сформованого некерованого руху. Нижче розташований бар'єр вступив у фізичну взаємодію з вагонетками, його елемент зазнав деформації, проте рух не припинився. Вагонетки досягли криволінійної ділянки рейкового шляху, зійшли з рейок, перекинулися та механічно взаємодіяли з працівниками, що призвело до смертельного наслідку.

Викладені обставини формують інваріантну частину кейсу. Водночас для первинної точки втрати механічного зв'язку можуть бути сформовані щонайменше три технічно відмінні сценарії.

$S_1$ – вихід ланки нештатного ланцюгового з'єднання зі зчіпного вузла без механічного руйнування елемента.

Реалізація $S_1$ потребує геометричної можливості виходу елемента із зачеплення, зокрема за умов зміни натягу або появи слабини. За чистого $S_1$ не очікується обов'язкова наявність поверхні механічного розриву зчіпного елемента.

$S_2$ – механічне руйнування ланки, зчіпного або іншого елемента з'єднання під дією динамічного навантаження.

Для $S_2$ очікуються специфічні матеріальні ознаки: розрив, злам, характерна пластична деформація, поверхня руйнування або інші сліди порушення цілісності відповідного елемента.

$S_3$ – загальна відмова тягово-гальмівного контуру.

Цей сценарій виходить із припущення, що первинною подією була не локальна втрата зв'язку двох вагонеток з іншою частиною состава, а втрата утримання в канаті, лебідці, гальмівному або іншому загальному тяговому контурі. За такого сценарію очікувана конфігурація аварійного руху мала б принципово відрізнятися: некерованим мав би стати весь состав або значно більша його частина.

Фактично після події було встановлено локальне відокремлення саме двох вагонеток при збереженні іншої частини состава окремою групою. Ця обставина має високу дискримінувальну силу щодо $S_3$, оскільки не відповідає очікуваній конфігурації загальної втрати тягово-гальмівного утримання. Тому в межах сформованої моделі $S_3$ отримує статус виключеного.

$S_1$ за наявними матеріалами не суперечить установленим обставинам, а окремі непрямі відомості є сумісними з механізмом виходу елемента із зачеплення. Водночас вирішальна дискримінувальна ознака – безпосередньо зафіксований характер роз'єднаного зчіпного вузла – у доступних матеріалах не встановлена. Тому $S_1$ зберігається як невиключений, але недостатньо диференційований від $S_2$ сценарій.

$S_2$ також залишається невиключеним: специфічних позитивних ознак механічного руйнування в доступному описі не встановлено, однак відсутність їх опису не доводить фізичної відсутності відповідних слідів. За відсутності прямої первинної фіксації стану вузла $S_2$ є недостатньо диференційованим від $S_1$.

Таким чином, практичний кейс демонструє методично важливу ситуацію, коли $S_1$ і $S_2$ залишаються невиключеними та недостатньо диференційованими, тоді як $S_3$ може бути виключений за ознакою конфігурації аварійного руху. Невизначеність механізму первинного роз'єднання при цьому не перешкоджає реконструкції спільної для $S_1$ і $S_2$ подальшої траєкторії.

**Дискримінувальні та недискримінувальні ознаки.** Для практичного застосування необхідно розрізняти ознаки, що справді змінюють співвідношення між сценаріями, й ознаки, які лише підтверджують спільну траєкторію після формування певного стану.

Таблиця 2 – Основні ознаки сценарної диференціації у знеособленому практичному кейсі

| Ознака | Методична функція |
|---|---|
| Характер роз'єднання вузла: вихід ланки чи фізичний розрив | потенційно ключова дискримінувальна ознака $S_1/S_2$ |
| Наявність або відсутність стопорного елемента | допоміжна для $S_1/S_2$ |
| Відокремлення лише двох вагонеток при збереженні решти состава | ключова для відмежування $S_1/S_2$ від $S_3$ |
| Нерівномірність руху та можливість утворення слабини | сумісна із $S_1$, але не має достатньої дискримінувальної сили щодо $S_2$ |
| Наявність або відсутність поверхонь руйнування | потенційно ключова для остаточного розмежування $S_1/S_2$ |
| Стан каната, лебідки та гальмівного контуру | додатково розмежовує $S_1/S_2$ та $S_3$ |
| Стан проміжного запобіжного бар'єра | характеризує подальшу аварійну траєкторію, майже не диференціює $S_1/S_2$ |
| Деформація нижнього бар'єра | сильно підтримує реконструкцію подальшої траєкторії, але не механізм первинного відокремлення |
| Сходження з рейок і перекидання | підтверджує кінцеву частину механізму, але однаково сумісне із $S_1$ та $S_2$ |

Як видно з табл. 2, ознаки можуть мати високу реконструктивну цінність і водночас низьку дискримінувальну силу щодо конкретної точки розгалуження.

Наприклад, факт подальшого некерованого руху, контакт із бар'єром, його деформація, сходження з рейок і перекидання послідовно підтверджують нижню частину аварійної траєкторії. Але ці відомості майже не розрізняють $S_1$ і $S_2$: після того як механічний зв'язок уже втрачено, подальша траєкторія може бути практично однаковою незалежно від того, чи стався вихід ланки із зачеплення, чи фізичне руйнування елемента.

Натомість характер самого роз'єднаного вузла має принципово іншу інформаційну функцію. Безпосередньо зафіксована неушкоджена ланка, що вийшла зі зчіпного елемента, або, навпаки, характерна поверхня її руйнування здатні безпосередньо змінити співвідношення $S_1$ і $S_2$.

Тому кількість ознак не дорівнює силі сценарію. Чотири або п'ять відомостей, однаково очікуваних за $S_1$ і $S_2$, не створюють переваги між ними. Одна специфічна дискримінувальна ознака може мати більшу методичну вагу, ніж декілька загально сумісних ознак.

Отже, фактичні відомості слід оцінювати не лише за технічною релевантністю, а й за здатністю розмежовувати конкретні альтернативні сценарії.

Сценарно-бар'єрна карта практичного кейсу. Горизонтальна структура $S_1$–$S_3$ описує конкуренцію альтернативних механізмів у точці первинного розгалуження. Однак після формування некерованого руху подія має також вертикальну структуру функціональних захисних рубежів $B_1$–$B_3$.

$B_1$ – бар'єр збереження механічного зв'язку. Його доцільно розуміти не як один конкретний предмет, а як функціональний контур, до якого можуть належати сумісне зчеплення, належна фіксація його елементів і запобіжний

уловлювальний пристрій. Фактом, який характеризує втрату функції $B_1$ у розглянутій траєкторії, є саме відокремлення двох вагонеток від керованої частини состава. При цьому сценарний алгоритм окремо визначає, яким фізичним процесом така втрата зв'язку могла реалізуватися.

$B_2$ – проміжний бар'єр. Його функцією є перехоплення некерованого рухомого складу або суттєва зміна його аварійної траєкторії до досягнення нижчої частини виробки. Матеріали справи містять відомості про відкритий стан відповідного бар'єра під час післяподійного обстеження та про відкривання бар'єрів у процесі транспортної операції. Тому в межах міні-статті доцільно обмежитися встановленим реконструктивним результатом: на фактичній траєкторії функція проміжного перехоплення реалізована не була. Це формулювання не потребує перенесення післяподійного стану бар'єра на кожний конкретний момент події.

$B_3$ – нижній бар'єр. Його функцією було перехоплення некерованого руху до входження вагонеток у нижчу небезпечну ділянку. Щодо цього елемента матеріальна фіксація є виразнішою: бар'єр вступив у фізичну взаємодію з вагонетками, його упорний елемент був деформований, після чого рухомий склад продовжив аварійну траєкторію.

Співвідношення альтернативних сценаріїв $S_1$–$S_3$ і функціональних бар'єрів $B_1$–$B_3$ подано на рис. 2.

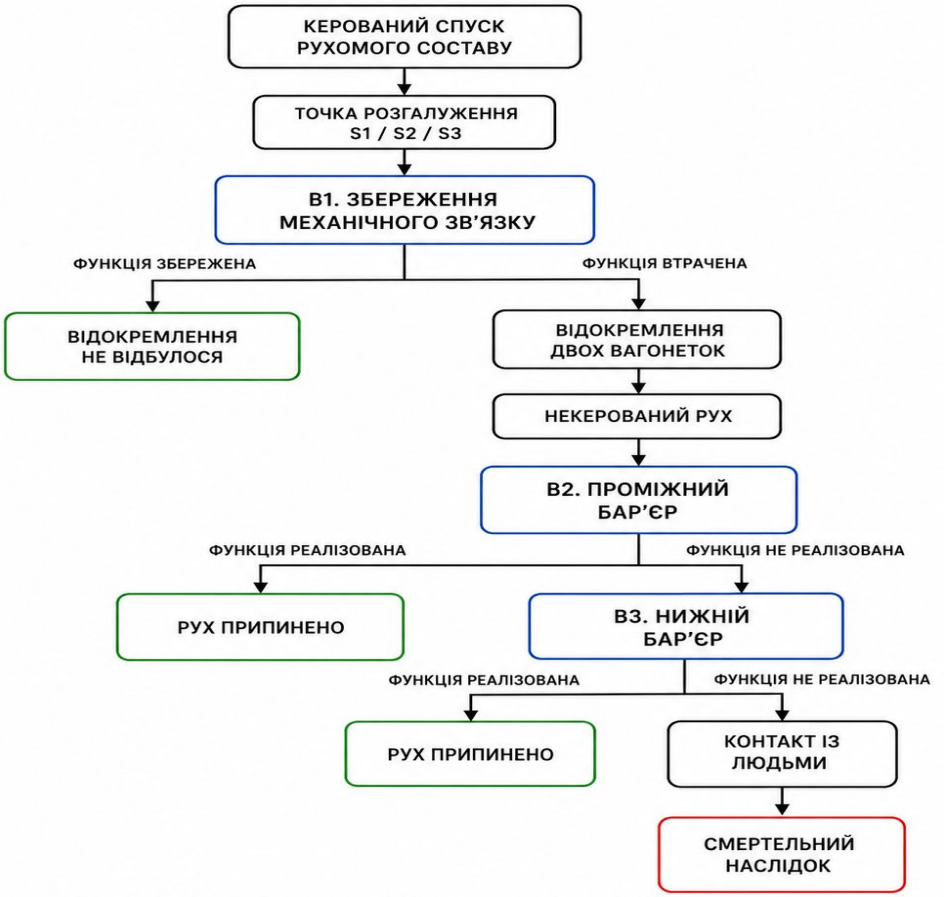



Рисунок 2. Сценарно-бар'єрна карта розвитку події у знеособленому практичному кейсі

Натомість твердження: «$B_3$ був причиною смертельного наслідку» виходило б за межі виконуваної реконструктивної операції.

Отже, сценарно-бар'єрна карта дає змогу одночасно представити дві взаємодоповнювальні структури:

горизонтальну: $S_1 \leftrightarrow S_2 \leftrightarrow S_3$ – конкуренція альтернативних механізмів;

вертикальну: $B_1 \rightarrow B_2 \rightarrow B_3$ – послідовність функціональних рубежів на розвитку аварійної траєкторії.

Поєднання цих структур дає змогу відрізняти дані, що диференціюють первинний сценарій, від даних, які підтверджують подальшу частину механізму.

**Спільне ядро механізму та точки сценарного розходження.** Аналіз практичного кейсу за запропонованим алгоритмом показує, що навіть за збереження певної невизначеності між $S_1$ і $S_2$ можливо сформувати послідовність елементів, установленість яких не залежить від остаточного вибору між цими сценаріями.

До такого спільного ядра належать:

$M_1$. Дві завантажені вагонетки втратили механічний зв'язок із керованою частиною состава.

$M_2$. Після втрати зв'язку вони перейшли у самочинний рух униз похилою гірничою виробкою.

$M_3$. Проміжний захисний рубіж не припинив сформований аварійний рух.

$M_4$. Нижчий бар'єр вступив у фізичний контакт із вагонетками та був деформований.

$M_5$. Після цього контакту рух вагонеток продовжився.

$M_6$. Вагонетки досягли криволінійної ділянки, зійшли з рейок і перекинулися.

$M_7$. Механічний контакт некерованого рухомого складу з працівниками сформував кінцевий смертельний наслідок.

Відповідно, реконструйована послідовність має вигляд:

$$M_1 \rightarrow M_2 \rightarrow M_3 \rightarrow M_4 \rightarrow M_5 \rightarrow M_6 \rightarrow M_7$$

Ключове значення має те, що ця послідовність не залежить від остаточної відповіді на локальне питання: яким саме фізичним процесом було реалізовано $M_1$ – виходом ланки із зачеплення чи механічним руйнуванням елемента?

Ця точка утворює основне сценарне розходження $R_1$. До інших локальних невизначеностей можуть належати точні динамічні параметри в момент роз'єднання, конкретний стан окремих захисних елементів у критичну мить або кількісні параметри їх стримувальної здатності.

Проте невизначеність щодо $R_1$ не робить невстановленим факт деформації $B_3$; відсутність точного значення динамічного зусилля у зчіпному вузлі не заперечує сходження вагонеток із рейок; невстановлена величина швидкості у певний момент не скасовує факту їх перекидання.

Звідси формується центральний результат роботи: Локальна невизначеність у точці сценарного розгалуження повинна обмежувати лише ті елементи реконструкції, які логічно залежать від вибору між конкуруючими сценаріями;

вона не повинна автоматично поширюватися на інваріантні елементи механізму, що мають самостійну фактичну підтримку.

Таке розуміння змінює сам спосіб опису меж реконструкції. Результат не обов'язково має бути бінарним – «механізм установлено» або «механізм не встановлено». Методично коректним результатом може бути:

- установлена спільна частина механізму;
- фактично підтриманий сценарій у певній локальній точці;
- альтернативний сценарій, який залишається недостатньо диференційованим;
- конкретна точка невизначеності;
- визначена відомість, отримання якої здатне таку невизначеність усунути.

**Науково-практичне значення та місце сценарно-бар'єрного модуля у методиці СГтЕ.** Запропонований підхід є окремим реконструктивним модулем СГтЕ для випадків, коли один установлений стан допускає декілька технічно можливих механізмів: матеріали провадження → установлення інваріантних обставин → сценарно-бар'єрна реконструкція → механізм у встановлених межах → подальший причинний і суб'єктно-функціональний аналіз.

Сценарна реконструкція відповідає на питання: що технічно могло або не могло відбутися та які елементи фактичної послідовності відновлюються за матеріалами? Причинний аналіз відповідає на інше питання: яке значення певна встановлена обставина мала для формування наслідку?

Тому встановлення функціонального стану $B_1$, $B_2$ або $B_3$ саме по собі не є встановленням причинної ролі певного порушення чи дії конкретної особи. Аналогічно збереження $S_1$ серед невиключених сценаріїв не означає встановлення причинної ролі певного порушення чи персоніфікованого причинного висновку.

Практичне значення алгоритму полягає в локалізації дефіциту даних і визначенні відомостей, необхідних для розмежування конкретних сценаріїв. Простежуваність міркування відображає ланцюг: сценарій → необхідна умова → очікувана ознака → фактична відомість → методичний статус → межа реконструкції.

**Висновки.** Проведене дослідження обґрунтовує доцільність застосування сценарно-бар'єрного алгоритму у випадках, коли один установлений стан може бути пояснений кількома технічно можливими сценаріями. Такий підхід дає змогу здійснювати реконструкцію механізму події не через передчасний вибір однієї версії, а шляхом послідовного виділення інваріантних обставин, формування множини альтернативних сценаріїв, перевірки їх необхідних умов, очікуваних ознак, функціональних бар'єрів і дискримінувальних відомостей.

Методична цінність запропонованої моделі полягає в тому, що сила фактичної відомості визначається не кількістю ознак, формально сумісних зі сценарієм, а її здатністю розмежовувати конкуруючі технічні версії. У цьому контексті бар'єр доцільно оцінювати насамперед як функціональний елемент

розвитку події, а встановлення його стану не повинно підмінювати подальший причинний аналіз або оцінювання персональної відповідальності.

Застосування алгоритму до знеособленого транспортного кейсу показало, що сценарій загальної відмови тягово-гальмівного контуру ($S_3$) виключається через невідповідність установленій локальній конфігурації аварійного руху, тоді як $S_1$ і $S_2$ за наявними матеріалами залишаються невиключеними та недостатньо диференційованими між собою. Непрямі відомості є сумісними із $S_1$, однак вирішальна ознака характеру первинного роз'єднання безпосередньо не встановлена, а відсутність опису слідів механічного руйнування не дає достатніх підстав для виключення $S_2$. Водночас незалежно від розмежування $S_1/S_2$ реконструюється спільна послідовність $M_1$–$M_7$, що підтверджує ключове положення роботи: локальна невизначеність не повинна автоматично поширюватися на весь механізм події, якщо окремі його елементи мають самостійну фактичну підтримку.

## Список використаних джерел

1. Waskito D. H., Kurt R. E., Turan O. Comprehensive literature review of systemic safety analysis: trends and development in the maritime sector. Safety Science. 2026. Vol. 200. 107208. DOI: 10.1016/j.ssci.2026.107208.
2. Ab Rahim M. S., Reniers G., Yang M., Bajpai S. Risk assessment methods for process safety, process security and resilience in the chemical process industry: A thorough literature review. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2024. Vol. 88. 105274. DOI: 10.1016/j.jlp.2024.105274.
3. Stefana E., Ramos M., Paltrinieri N. Machine learning-based literature review on the concept of safety barriers against hazardous events. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2024. Vol. 92. 105470. DOI: 10.1016/j.jlp.2024.105470.
4. Subedi A., Bucelli M., Paltrinieri N. Reframing safety barriers as socio-technical systems: a review of the hydrogen sector. Safety Science. 2025. Vol. 192. 106995. DOI: 10.1016/j.ssci.2025.106995.
5. IEC 31010:2019. Risk management – Risk assessment techniques. 2nd ed. Geneva : International Electrotechnical Commission, 2019.
6. Zhao W., Zhou A., Wang K., Wang Y. Methods for constructing scenarios of coal and gas outburst accidents: Implications for the intelligent emergency response of secondary mine accidents, Process Safety and Environmental Protection, 199, 107236, DOI 10.1016/j.psep.2025.107236.
7. Пугач І. І., Харченко В. В. Хронологічна модель реконструкції гірничотехнічних інцидентів у судово-експертній практиці. Innovative Solutions in Science: Balancing Theory and Practice : Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference (San Francisco, USA, April 28–30, 2025). San Francisco, 2025. P. 263–275. DOI: 10.5281/zenodo.19709712.
8. Пугач І. І., Харченко Віталій В., Пугач І. Ю., Харченко Вадим В. Відмежування основної технічної причини від супутніх факторів у судовій гірничотехнічній експертизі: фазово-модульний підхід. Scientific Research:

Emerging Theories and Practical Breakthroughs : Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference (Edinburgh, Scotland, March 23–25, 2026). 2026. P. 231–243. DOI: 10.5281/zenodo.19200239.

9. Пугач І. І., Чеберячко Ю. І., Харченко В. В., Пугач І. Ю. Обмеження застосування методів каузального моделювання в судовій гірничотехнічній експертизі та шляхи їх подолання. Теорія та практика судової експертизи і криміналістики. 2026. Вип. 2 (43). С. 136–156. DOI: 10.32353/khrife.2.2026.09.

10. Пугач І. І., Харченко Вадим В., Харченко Віталій В., Чеберячко Ю. І., Пугач І. Ю. Процесуальні критерії допустимості каузального аналізу в судовій гірничотехнічній експертизі. Електротехнічні та інформаційні системи. 2026. № 109. С. 336–346. DOI: 10.32782/EIS/2026-109-39.

## Section: Veterinary Medicine

**DOI 10.70286/EOSS-24.08.2026.015.291-293**

# ГІСТОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ШКІРИ МУРЧАКІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПРОТИГРИБКОВОГО КРЕМУ «VM-1 14%» З 4-((3,4-ДИМЕТОКСИБЕНЗИЛІДЕН)АМІНО)-5-(2-ФЛЮОРОФЕНІЛ)-4H-1,2,4-ТРИАЗОЛ-3-ТІОЛОМ

**Мартинишин Володимир Петрович**
доктор філософії (PhD), доцент
Кафедра готельно-ресторанної справи та туризму
Заклад вищої освіти «Львівський університет бізнесу та права», Україна

**Анотація.** Похідні 1,2,4-триазолу мають широкий біологічний потенціал завдяки високій реакційній здатності та здатності взаємодіяти з різними біомішенями [1]. Вони проявляють протигрибкову, антибактеріальну, противірусну, протизапальну, антиоксидантну та протипухлинну активність, що робить їх перспективними сполуками для медицини, ветеринарії та аграрної сфери [2, 3]. Похідні 1,2,4-триазолу мають значний потенціал для створення сучасних протигрибкових засобів різного спектра застосування. Завдяки широкому спектру біологічної активності, високій хімічній варіабельності та можливості модифікації структури триазольні сполуки є перспективною платформою для розробки нових лікарських препаратів у медицині та ветеринарії [4, 5].

**Ключові слова:** похідні 1,2,4-триазолу, мурчаки, протигрибковий крем, протигрибкова дія, гістоструктура шкіри, безпечність, токсичність.

**Введення.** Протигрибкові ветеринарні препарати займають значне важливе місце у практичному застосуванні при мікозах різної етіології. Тому дослідження пов’язані з гістологічними особливостями шкіри мурчаків будуть відігравати важливу роль у подальших наукових та практичних дослідженнях, що в подальшому дасть можливість дедалі більше та чимраз краще вивчити токсичність, безпечність та ефективність застосування крему «VM-1 14%» у лікарській ветеринарній практиці.

**Мета та задачі дослідження.** Вивчити та дослідити гістологічні особливості шкіри мурчаків при застосуванні протигрибкового крему «VM-1 14%» на основі 4-((3,4-диметоксибензиліден)аміно)-5-(2-флуорофеніл)-4H-1,2,4-триазол-3-тіол та встановити його саногенний ефект.

**Результати дослідження і їх обговорення**. Застосування протигрибкового крему з діючою речовиною 4-((3,4-диметоксибензиліден)аміно)-5-(2-флюорофеніл)-4H-1,2,4-триазол-3-тіолом у мурчаків супроводжувалося вираженими позитивними гістологічними змінами у тканинах шкіри

експериментальних тварин. Під час мікроскопічного дослідження шкіри мурчаків після курсового нанесення крему «VM-1 14%» встановлено поступове відновлення нормальної архітектоніки епідермісу та дерми. У більшості гістологічних препаратів відзначали зменшення ознак запальної реакції, нормалізацію товщини епідермального шару та зниження проявів гіперкератозу й акантозу, характерних для грибкових уражень шкіри у мурчаків. На фоні застосування крему у мурчаків спостерігалося відновлення цілісності рогового шару епідермісу, зменшення ділянок десквамації та дегенеративних змін кератиноцитів. Клітини базального шару епідермісу зберігали чіткі контури та нормальну структуру ядер, що свідчило про активацію регенераторних процесів. У шипуватому шарі виявляли зменшення міжклітинного набряку та нормалізацію міжклітинних контактів. Також встановлено значне зниження кількості мікровогнищ некрозу та деструкції тканин.

У дермі мурчаків відзначали помірне кровонаповнення судин мікроциркуляторного русла без виражених застійних явищ. Периваскулярна інфільтрація лімфоцитами та нейтрофілами була значно меншою порівняно з групою контрольної патології, що вказувало на зниження інтенсивності запального процесу. Колагенові волокна дерми мали більш упорядковане розташування, а міжволоконний набряк був мінімальним. В окремих ділянках шкіри мурчаків спостерігали активацію проліферації фібробластів, що може свідчити про стимуляцію репаративних процесів та прискорення загоєння уражених тканин. Важливою гістологічною особливістю було суттєве зменшення грибкових елементів у товщі епідермісу та на поверхні шкіри мурчаків. При фарбуванні гістологічних зрізів виявляли лише поодинокі фрагменти міцелію або повну їх відсутність після завершення курсу лікування. Це підтверджувало виражену фунгіцидну активність похідного 1,2,4-триазолу та ефективність його місцевого застосування у формі крему при експериментальному грибковому ураженні шкіри мурчаків.

Морфологічна картина свідчила, що досліджуваний крем «VM-1 14%» не викликав подразнювальної або токсичної дії на тканини шкіри мурчаків. Ознак глибокої альтерації, атрофії епідермісу чи деструктивних змін придатків шкіри не спостерігалося. Волосяні фолікули та сальні залози зберігали нормальну гістологічну будову, що додатково підтверджувало безпечність препарату при тривалому місцевому нанесенні.

**Висновки**. Отримані результати свідчать, що крем «VM-1 14%» з 4-((3,4-диметоксибензиліден)аміно)-5-(2-флюорофеніл)-4H-1,2,4-триазол-3-тіолом проявляє виражені протигрибкові, протизапальні та репаративні властивості при грибковому ураженні шкіри мурчаків. Під впливом препарату спостерігалося відновлення структури епідермісу та дерми, зменшення запальної реакції, ознак гіперкератозу, акантозу та тканинної деструкції. Після курсу лікування виявляли значне зниження кількості грибкових елементів або їх повну відсутність у гістологічних зрізах. Крем не викликав подразнювальної чи токсичної дії на шкіру, що підтверджує його безпечність та перспективність використання похідних 1,2,4-триазолу для створення сучасних протигрибкових препаратів у ветеринарній медицині.

**Список використаних джерел**

1. Gotsulia A. S., Zazharskyi V. V., Davydenko P. O. Synthesis and antituberculosis activity of N'-(2-(5-((theophylline-7'-yl)methyl)-4-R-4H-1,2,4-triazole-3-ylthio)acetyl)isonicotinohydrazides // Запорізький мед. журн. – 2018. – № 4 (109). – С. 578–583. https://doi.org/10.14739/2310-1210.2018.4.135677
2. Gotsulya A. S. Synthesis and antiradical activity of alkyl derivatives of 5-(5-methyl-1H-pyrazol-3-yl)-4-phenyl-4H-1,2,4-triazole-3-thiol // J. Faculty of Pharmacy of Ankara University. – 2020. – N 44 (2). – P. 211–219. https://doi.org/10.33483/jfpau.616116
3. Карпун Є. О., Парченко В. В. Синтез, фізико-хімічні властивості та антигіпоксична активність деяких s-похідних 4-R-5-(((3-(піридин-4-іл)-1H-1,2,4-триазол-5-іл)тіо)метил)-4H-1,2,4-триазол-3-тіолів // Фармац. журн. – 2020. – Т. 75, № 6. – С. 56–64. https://doi.org/10.32352/0367-3057.6.20.06
4. Xiang L., Xue-Qiang L., He-Mei L. et al. Synthesis and evaluation of antitumor activities of novel chiral 1,2,4-triazole Schiff bases bearing γ-butenolide moiety // Org. Med. Chem. Lett. – 2012. – N 2. – P. 1–5. https://doi.org/10.1186/2191-2858-2-26
5. Tozkoparan B., Küpeli E., Yeşilada E., Ertan M. Preparation of 5-aryl-3-alkylthio-l,2,4-triazoles and corresponding sulfones with antiinflammatory-analgesic activity // Bioorganic & medicinal chemistry. – 2007. – N 15 (4). – P. 1808–1814. https://doi.org/10.1016/j.bmc.2006.11.029

Proceedings of the 9th International Scientific
and Practical Conference
"Modern Perspectives on Global Scientific Solutions"
August 24-26, 2026
Bergen, Norway

Organizing committee may notagree with the authors'point of view.
Authors are responsible for the correctness of the papers' text.

**Contact details of the organizing committee:**
European Open Science Space
E-mail: info@eoss-conf.com
URL: https://www.eoss-conf.com/

EUROPEAN OPEN
SCIENCE SPACE