isu-conference.com

ISU
INTERNATIONAL SCIENTIFIC UNITY

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS



ISSUE
№97

6th International Scientific and Practical Conference

PROGRESSIVE APPROACHES IN SCIENCE AND ENGINEERING

September 9-11, 2026
Copenhagen, Denmark



INTERNATIONAL SCIENTIFIC UNITY

6th International Scientific and Practical Conference
«Progressive Approaches in Science and Engineering»

Collection of Scientific Papers

September 9-11, 2026
Copenhagen, Denmark

UDC 001(08)

Progressive Approaches in Science and Engineering: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. Copenhagen, Denmark. September 9-11, 2026.

ISBN 979-8-89704-979-0 (series)
DOI 10.70286/ISU-09.09.2026

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

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.

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

ISBN 979-8-89704-979-0



© Participants of the conference, 2026
© Collection of Scientific Papers "International Scientific Unity", 2026
Official site: https://isu-conference.com/

CONTENT

SECTION: AGRICULTURAL SCIENCES

Buriev A.A., Nuraliev E.E.
THE ROLE OF GREEN MANURING IN A SHORT CROP ROTATION. 13

SECTION: ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

Prokopenko D. V.
OPTIMIZATION OF SPATIAL FORMS FOR UNDERGROUND SHELTERS: THE STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF CURVILINEAR GEOMETRY……. 17

SECTION: ART HISTORY AND LITERATURE

Shcherbii D.
SYNTHESIS OF CHOREOGRAPHIC ART AND EXTREME PHYSICALITY IN THE STRUCTURE OF CONTEMPORARY SPECTACLE……. 21

SECTION: BIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

Maksimenko A.S.
UNRAVELING CHROMOSOMAL ABNORMALITIES IN THE BONE MARROW OF CHILDREN AGED 5–14 WITH B-CELL ACUTE LYMPHOBLASTIC LEUKEMIA…… 26

Ківганов Д., Бобрікова О.
КУЯЛЬНИЦЬКИЙ ЛИМАН ЯК КРИТИЧНИЙ ЗИМОВИЙ БІОРЕФУГІУМ ДЛЯ ВОДНО-БОЛОТНИХ ПТАХІВ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН……... 29

SECTION: CHEMISTRY AND PHARMACEUTICALS

Kormosh Zh., Kucher M., Zadorozhna O., Sokolenko M.
POTENTIOMETRIC SENSOR FOR IBUPROFEN DETERMINATION... 33

SECTION: COMPUTER ENGINEERING

Морозов Ю.В., Павлів А.С.
ЗАСТОСУВАННЯ КРИПТОГРАФІЧНОГО СТИРАННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ У БЛОКЧЕЙН-ОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМАХ……. 40

Bodnar O.V., Nikolaienko D.V.
ANALYTICAL SOFTWARE PERFORMANCE MONITORING SYSTEM…… 45

Rozhko A.
ADAPTIVE ATTACK SURFACE MINIMIZATION MECHANISM IN MICROSERVICE ARCHITECTURES DURING CI/CD…… 47

SECTION: ECOLOGY

Balakhanova G.V.
ASSESSMENT OF ECOSYSTEM BIOLOGICAL PRODUCTIVITY UNDER ANTHROPOGENIC LOADING BASED ON ECOLOGICAL INDICATORS…… 51

Balakhanova G.V.
MODELING ECOSYSTEM BIOLOGICAL PRODUCTIVITY BASED ON THE INTEGRATED EFFECTS OF CLIMATE, SOIL, AND BIODIVERSITY FACTORS……. 67

SECTION: ECONOMY

Маніна О.
ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРТНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ З ПИТАННЯ ДОКУМЕНТАЛЬНОГО ПІДТВЕРДЖЕННЯ СУМИ БЮДЖЕТНОГО ВІДШКОДУВАННЯ ПОДАТКУ НА ДОДАНУ ВАРТІСТЬ……. 86

Veremeenko O., Svitlyi D.
GENERAL AND SPECIAL PRINCIPLES OF CORPORATE CULTURE OF ENTERPRISES…… 88

Пітюлич М.М., Графська О.І., Цільник О.Я.
АНАЛІЗ ЕТАПІВ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ТА ЇХНЯ СУТЬ І ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ЕКОНОМІКИ КРАЇНИ…… 90

Melnychuk D.
PRINCIPLES OF STRUCTURAL-FUNCTIONAL ANALYSIS OF HUMAN CAPITAL AS AN ECONOMIC PHENOMENON……... 93

Ковальова Т.В., Шагун Є.М.
АВТОМАТИЗАЦІЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ВИТРАТАМИ ПІДПРИЄМСТВА…… 95

Лема О.І.
ВПЛИВ СКЛАДОВИХ ЕКОНОМІКИ ЗНАНЬ НА ВВП УКРАЇНИ: КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ…….. 97

Веремеєнко О., Карпов Я.
РОЗРОБКА СТРАТЕГІЧНИХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ…….. 99

Шкіндюк С., Андрійчук І.
ESG-ПІДХОДИ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЦИФРОВИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ……. 101

Антонюк М.
МЕХАНІЗМИ СТРАТЕГУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ В СИСТЕМІ СУЧАСНОЇ РЕГІОНАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ….. 103

Павленко О.С., Орловська Ю.В.
ЗЕЛЕНІ УРБОЕКОСИСТЕМИ ЯК ПРІОРИТЕТ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ МІСТ УКРАЇНИ…….. 106

Пукаляк М.Р.
МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗАЦІКАВЛЕНИХ СТОРІН НА МІЖНАРОДНІ РИЗИКИ ПОСТАЧАННЯ…… 109

Ровінський О.О.
МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ БАНКРУТСТВА ПІДПРИЄМСТВ……. 111

Мушкиев З.А.
АДАПТИВНЫЕ СТРАТЕГИИ БИЗНЕСА В УСЛОВИЯХ БЫСТРО МЕНЯЮЩЕГОСЯ РЫНКА…… 114

SECTION: FINANCE AND BANKING

Посаднєва О.
ФІНАНСОВА АНАЛІТИКА СТРУКТУРНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ ФОНДОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ……. 120

SECTION: GEOLOGY AND GEODESY

Hrybinyk Yu.I., Denysiuk Yu.Yu.
ADVANCEMENTS AND APPLICATIONS OF DRONE TECHNOLOGY FOR GEOLOGICAL SURVEYS: RECENT STATE AND VISION FOR THE FUTURE…….. 124

SECTION: INFORMATION TECHNOLOGY & CYBERSECURITY

Dauletbayeva E., Baluanov A.
OIQADAM AI: DEVELOPMENT AND FUNCTIONAL TESTING OF AN EDUCATIONAL AI AGENT WITH A CONTEXT-ADAPTIVE HINT SYSTEM……. 130

Керницька А.
ТІНЬОВА ЦІНА РУЧНОГО ПЕРЕГЛЯДУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИБОРУ ПОРОГІВ ДЕДУПЛІКАЦІЇ КЛІЄНТСЬКИХ ДАНИХ…… 134

Райчев І.Е., Хрустовський А.А.
МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ЯКОСТІ КОМПОНЕНТІВ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МЕТРИК СКЛАДНОСТІ КОДУ…….. 138

Zozulia O., Palamarchuk M., Bevz O., Martynenko M., Maltsev V.V.
INTEGRATION OF OSINT METHODS INTO DIGITAL FORENSICS AND INCIDENT RESPONSE (DFIR) PROCESSES FOR PROACTIVE THREAT HUNTING……. 144

Pavlenko Ya.
SELECTION OF NEURAL NETWORK MODELS DEPENDING ON DATA CHARACTERISTICS AND THE TASK AT HAND……... 147

Хрипко О.С., Хрипко С.Л.
МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКОВИХ ПАТЕРНІВ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ FP-GROWTH……... 150

SECTION: INTERNATIONAL RELATIONS

Шкарупета В.А.
ПРОСУВАННЯ КНР «ІНІЦІАТИВИ З ГЛОБАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ» НА БЕЗПЕКОВИХ ФОРУМАХ…… 155

Діжурко А.Г.
ФОРМУВАННЯ ІМІДЖУ НАТО ЯК ГАРАНТА КОЛЕКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ СУЧАСНИХ БЕЗПЕКОВИХ ВИКЛИКІВ…… 158

Баранова Н.В.
ФРАНЦІЯ ТА УКРАЇНА: ТРАНСФОРМАЦІЯ СТРАТЕГІЧНОГО ПАРТНЕРСТВА В УМОВАХ ВІЙНИ……... 163

Карпунь Н.А.
ДИПЛОМАТІЯ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ВІДКРИТИМ КОДОМ……. 165

SECTION: JURISPRUDENCE

Шиловська Г.І., Фокша Л.В.
ФІНАНСОВО-ПРАВОВІ МЕХАНІЗМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ…… 170

Шиловська Г.І., Обушенко Н.М.
ПОНЯТТЯ ЖИТЛОВОГО ПРАВА ЯК ГАЛУЗІ ПРАВА…… 173

Присяжнюк А.Г.
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СУДОВО-ЕКСПЕРТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ: ПРАВОВІ ЗАСАДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ…… 177

Гаврилова А., Фокша Л.В.
ЦИФРОВІЗАЦІЯ ФІНАНСОВОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ: ФІНАНСОВО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ…… 181

Бордиченко-Стеблюк І.В., Фокша Л.В.
ФІНАНСОВО-ПРАВОВІ МЕХАНІЗМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ…….. 186

Остафій-Тижай М.М.
ПРОВЕДЕННЯ РЕФЕРЕНДУМУ – ПОКАЗНИК НАЙВИЩОЇ ФОРМИ ДЕМОКРАТІЇ ТА ВЕРХОВЕНСТВА ПРАВА В СУСПІЛЬСТВІ……. 192

Гринчук О., Захарчук Р., Сивак В.
ІНТЕГРАЛЬНИЙ ІНДЕКС ПРОБЛЕМНОСТІ СТАНУ ПРАВОПОРЯДКУ У ВІЙСЬКОВИХ ФОРМУВАННЯХ: ПІДХІД ДО КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ…… 195

Дем'янова П.В.
СВОЄЧАСНІСТЬ ЗАЯВЛЕННЯ ЗАПЕРЕЧЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ КОМЕРЦІЙНОМУ АРБІТРАЖІ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ НА СТАДІЇ ВИЗНАННЯ І ВИКОНАННЯ РІШЕННЯ…….. 203

SECTION: MANAGEMENT AND PUBLIC ADMINISTRATION

Безноско Д.Д., Горбаченко Ю.М.
ФОРМУВАННЯ ТАКТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ПРАЦІВНИКІВ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ У ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ…….. 206

SECTION: MARKETING AND ADVERTISING

Лісний М.І.
АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ПРОАКТИВНОГО МАРКЕТИНГУ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ……... 208

Лівшиц В.Я.
МАРКЕТИНГОВА ЦІННІСТЬ ПРОЄКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ НА РИНКУ ОФІСНОЇ НЕРУХОМОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ…….. 211

SECTION: MEDICINE

Omarbek G.
ORGANIZATION OF CARE PATHWAYS FOR PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION IN PRIMARY HEALTH CARE: CURRENT APPROACHES AND DIRECTIONS FOR OPTIMIZATION. 216

Муріна М.О.
ГОСТРІ РЕСПІРАТОРНІ РЕКУРЕНТНІ ІНФЕКЦІЇ У ДІТЕЙ…… 221

Смілянська М.В., Кучма І.Ю., Волянський А.Ю., Дідоренко Т.П.
НОВА РЕДАКЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОГО КАЛЕНДАРЯ ПРОФІЛАКТИЧНИХ ЩЕПЛЕНЬ УКРАЇНИ В СОЧАСНИХ УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ…… 224

Kuradovets A.V.
ASSESSMENT OF CYTOKINE LEVELS IN ORAL FLUID OF PATIENTS WITH GASTROESOPHAGEAL REFLUX DISEASE TAKING INTO ACCOUNT THE PRESENCE AND NATURE OF PERIODONTAL PATHOLOGY…….. 227

Pervak M., Onyshchenko V., Prokopchuk Yu., Lunko S.
ENHANCING 6TH-YEAR MEDICAL STUDENTS' KNOWLEDGE ACQUISITION THROUGH GAMIFICATION……... 229

SECTION: MILITARY AFFAIR

Бамбуляк М., Вітвіцька К., Костенко К., Шеховцов М.
ВЗАЄМОДІЯ РІЗНИХ РОДІВ ВІЙСЬК ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЙ……... 231

Skarzhynets A.
IDENTIFYING TARGET AUDIENCE VULNERABILITIES IN RECRUITMENT CAMPAIGNS BASED ON INFORMATION ENVIRONMENT MONITORING…… 234

SECTION: OCCUPATIONAL HEALTH

Bekmagambetov A.B., Rakhmetova A.M., Alshynbekova G.A.
HYGIENIC CHARACTERISTICS OF WORKING CONDITIONS AND OCCUPATIONAL MORBIDITY AMONG WORKERS IN THE MINING INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN…….. 237

Bekmagambetov A.B., Rakhmetova A.M., Alshynbekova G.A.
REGULATORY AND LEGAL FRAMEWORK FOR THE PREVENTION OF OCCUPATIONAL DISEASES IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN IN THE CONTEXT OF INTERNATIONAL STANDARDS: A CONTENT ANALYSIS…….. 241

SECTION: OIL AND GAS TECHNOLOGIES, ENGINEERING AND THERMAL POWER ENGINEERING

Гатич Н., Джус А.
АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПАРИ «ЦИЛІНДР–ПЛУНЖЕР» ШТАНГОВОГО СВЕРДЛОВИННОГО НАСОСА…… 246

SECTION: PEDAGOGY, PHILOLOGY AND LINGUISTICS

Романів Л., Пішак О.
ПСИХОГІГІЄНІЧНІ ОСНОВИ ЗДОРОВ'ЯЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ……... 252

Medvedieva K.
DIGITALIZATION VECTORS IN JAPANESE LEARNING……. 255

Задачин Г.С.
УЧЕНЬ ЯК ТВОРЕЦЬ AR-КОНТЕНТУ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ: ПРОЄКТНЕ НАВЧАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ……... 257

Tsepkalo O.
SECONDARY TEXT PRODUCTION IN TECHNICAL ESP……. 260

Лех О.С., Федорів О.М.
ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ЛСГ ЕМОТИВНИХ ПРИКМЕТНИКІВ СУЧАСНОЇ НІМЕЦЬКОЇ МОВИ……... 262

Мосій І.М., Клонцак О.І.
МІЖКУЛЬТУРНА КОМУНІКАТИВНА КОМПЕТЕНТНІСТЬ ЯК СКЛАДОВА ІНШОМОВНОЇ ОСВІТИ……. 265

Мойко О., Наугольник Н.
МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕДОВИЩА SCRATCH ДЛЯ РОЗВИТКУ АЛГОРИТМІЧНОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ ПОЧАТКОВИХ КЛАСІВ…….. 270

Голиборода Т.В.
ЕВФЕМІЗМИ ЯК ЗАСІБ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОЛІТКОРЕКТНОСТІ ВИСЛОВЛЮВАННЯ В АНГЛІЙСЬКІЙ МОВІ…… 277

Кривонос О.М., Кривонос М.П., Яценко О.І., Яценко О.С.
ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ В НУШ…….. 280

Холтобіна О.У.
ФОРМУВАННЯ У ДІТЕЙ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ МАТЕМАТИЧНИХ ПОНЯТЬ ТА УЯВЛЕНЬ……... 283

Palonyi A., Pasichna V.
CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF ADAPTIVE GENERATION AND CORRECTION OF CONFLICT SITUATIONS IN COMPETENCY-BASED SIMULATOR TRAINING OF AIR TRAFFIC CONTROLLERS 285

Пацалюк Л.К.
«ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ І ПРЕДМЕТІВ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ АРТИКУЛЯЦІЙНИХ ВПРАВ ДЛЯ ПОДОЛАННЯ МІОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОРУШЕНЬ У ДІТЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ ТА ТЯЖКИМИ ПОРУШЕННЯМИ МОВЛЕННЯ»…….. 291

Брик Т., Григорова І., Ребрій І., Савченко О.
РОЛЬ ДИКТАНТІВ У ФОРМУВАННІ НАВИЧОК ПИСЬМА ПРИ ВИВЧЕННІ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ КУРСАНТАМИ…….. 301

Abdullazadə R.M.
AZƏRBAYCAN XALQ CÜMHURİYYƏTİ DÖVRÜNDƏ TƏHSİL SİYASƏTİNİN ƏSAS İSTİQAMƏTLƏRİ VƏ TARİXİ ƏHƏMİYYƏTİ... 305

Супрун Ю.М.
БУЛІНГ ЯК СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНЕ ЯВИЩЕ: ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ СУТНОСТІ ТА СТРУКТУРИ……... 309

SECTION: PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

Мокієнко Т.В.
ФОРМУВАННЯ ФІНАНСОВОЇ ГРАМОТНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИКИ: НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ АСПЕКТ……... 315

SECTION: PHYSICAL EDUCATION AND SPORT

Ткаченко Я.О., Шляхтурова Д.Д., Колумбет О.М.
ПІДГОТОВКА СПОРТСМЕНІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ 319

Дейнеко А.Х., Марченков М.К.
СУЧАСНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ У СПОРТИВНІЙ ГІМНАСТИЦІ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ……... 323

SECTION: PHYSICS AND ASTRONOMY

Легеза П.Ю.
ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СИНТЕЗУ ЛЕГОВАНИХ ЗРАЗКІВ $Li_2B_4O_7:Eu^{3+}$, $Li_2B_4O_7:Tb^{3+}$ ТА $Li_2B_4O_7:Dy^{3+}$ ДЛЯ СПЕКТРОСКОПІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ……... 329

SECTION: PSYCHOLOGY

Войтович Г.В., Тертична Н.А., Рожкова І.В.
КОМПЕТЕНТНІСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ АСИСТЕНТСЬКОЇ ПРАКТИКИ В УМОВАХ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО КЛІНІЧНОГО ПСИХОЛОГА ДЛЯ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ПСИХІЧНОГО ЗДОРОВ'Я…….. 337

Kutuzakin D., Honcharova S.
PSYCHOLOGICAL BARRIERS TO AI AGENT ADOPTION IN BUSINESS: A TAXONOMY OF FEARS AND AN ACCEPTANCE MODEL…….. 340

Белозерцева-Баранова Ю.Є., Белозерцева І.А., Єгоренко О.С., Вальда О.В.
КОМУНІКАЦІЯ ПІД ЧАС ОПАНУВАННЯ НАВИЧОК ДОГЛЯДУ ЗА ПАЦІЄНТАМИ……... 346

Захарченко Е.Є., Борейчук І.О.
ПСИХОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ ПОДОЛАННЯ РОЗРИВУ МІЖ НАМІРОМ І ДІЄЮ: РОЛЬ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ ПОВЕДІНКОВИХ ВТРУЧАНЬ…….. 349

SECTION: TECHNICAL SCIENCES

Єлісєєв Д.А., Єлісєєва О.В., Алексєєв В.Д., Гуркаленко Ю.О.
ПЛАСТМАСОВИЙ СЦИНТИЛЯТОР З ДИАЛКІЛПОХІДНИМ БІФЕНІЛУ……. 354

Шпак В.В.
ЗАЛЕЖНІСТЬ ЗМІНИ В'ЯЗКОСТІ ЗСУВУ ВІД ШВИДКОСТІ ЗСУВУ ПАШТЕТІВ М'ЯСНИХ З РІЗНИМ ОКИСНО-ВІДНОВНИМ ПОТЕНЦІАЛОМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО АКТИВОВАНОЇ ВОДИ…… 359

Матвєєв В.В.
ЗАМІНА ХОЛОДОАГЕНТІВ У ХОЛОДИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ 361

Матвєєв В.В.
КОНФІГУРАЦІЯ СИСТЕМ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ВИСОКОГО ТИСКУ…….. 364

Кузавков В., Ланко А.
СТРУКТУРНА НАДЛИШКОВІСТЬ ПРИ ОЦІНЮВАННІ НАДІЙНОСТІ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ…….. 370

Матвєєв В.В.
РОБОЧІ РІДИНИ ДЛЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ…….. 372

SECTION: TOURISM AND HOTEL AND RESTAURANT BUSINESS

Гессен А.Є.
ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСНОГО ЕФЕКТУ AI-СТИМУЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ГОСТЕЙ ГОТЕЛЮ……. 378

SECTION: TRANSPORT TECHNOLOGIES AND LOGISTICS

Kulibaba V.
AIRCRAFT FUEL ECONOMY PROGRAM PROJECT: OPERATIONAL METHODS AND IMPLEMENTATION STRATEGIES 382

Palonyi A., Haslenko A.
A SAFETY INDICATOR MODEL FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF AIR TRAFFIC CONTROLLER FATIGUE RISK MANAGEMENT……... 385

SECTION: BIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

Asadova B.G.
TRANSGENICS AND BIOSAFETY OF GMOS: PERSPECTIVES ON ABIOTIC STRESS TOLERANCE AND GENOME EDITING……... 392

SECTION: AGRICULTURAL SCIENCES

UDC: 633.1.63.5

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.001

THE ROLE OF GREEN MANURING IN A SHORT CROP ROTATION

Buriev Abdivohob Abdirazzakovich
ORCID: 0009-0002-5190-3632
PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor**.**
Nuraliev Eralibek Ergash ugli
ORCID ID: 0009-0009-8869-1128
doctoral student
Termez State University of Engineering and Agrotechnologies

ABSTRACT. Currently, there is an increasing need to use green manuring to preserve and improve soil fertility. In this regard, the objective was to study the improvement of soil fertility and maize yield through the selection of repeated and green manure crops and their use as green manure. The experiment established that when maize was grown as the main crop, and peanut, mung bean, perko, rapeseed, as well as a mixture of perko + rapeseed + mustard were grown as repeated and intermediate crops followed by green manuring, soil bulk density decreased, water permeability increased, the content of nutrients in the soil and crop yields increased, and profitability increased to 15.1–17.9%.

Keywords: repeated crop, green manuring, crop rotation, intermediate crop, soil fertility, peanut, mung bean, perko, rapeseed, mustard, mixtures, photosynthetically active radiation (PAR), yield, profitability.

INTRODUCTION. In order to provide the country's population with food products, preserve and improve soil fertility, widely use green manure and intermediate crops, as well as develop livestock production, ensure the supply of livestock products, establish specialized farms, and create a strong feed base for agricultural animals, a number of decisions have been adopted by the President of the Republic of Uzbekistan and the Government of the Republic.

The widespread use of green manure and intermediate crops, as well as growing maize on irrigated lands for grain, silage, and green mass, is important for increasing crop yields and creating a strong feed base for livestock production. The potential grain and silage yields of maize on irrigated lands are 100–110 and 800–1000 centners/ha, respectively. At present, in our republic, maize is grown on irrigated lands both as a main crop and as a repeated crop after wheat harvesting. However, due to the lack of scientifically based technology for growing maize on irrigated lands as a main and

repeated crop, farms obtain only 40–50 centners/ha of grain and 350–400 centners/ha of silage mass when maize is cultivated as the main crop.

Under the conditions of the southern part of the country, determining optimal green manure and intermediate crops for obtaining a high and quality yield of medium-maturing maize hybrids grown as the main crop and early-maturing hybrids grown as a repeated crop is one of the pressing problems of agriculture.

Studies by B. Kholikov and A. Iminov [2] note that sowing mung bean and other leguminous crops as repeated crops after winter wheat returns a large amount of nutrients to the soil through remaining root and crop residues, thereby positively changing soil fertility.

According to R. Oripov and Yu. Kenzhaev [3], when green manure crops were grown to obtain an autumn forage crop and their root and stem residues were incorporated into the soil, a positive change in the water-physical properties of the soil was established.

Experiments by R. Kurvantoev, A. Musurmonov, N. Solieva and others [4] established that in meadow soils, the content of structural aggregates in the soil-treated variants was 63–65%, while without treatment it was 56–59%; the content of water-stable aggregates in typical sierozems increased by 3.48–4.36%, whereas this indicator was somewhat higher in variants with vegetable crops.

Extensive scientific research has been conducted in this area by a number of scientists, and effective scientific results have been achieved.

MATERIALS AND METHODS. Research was conducted in 2024–2026 under the conditions of takyr-meadow soils at the “Husayin Navruz” dehkan farm in Sherabad District, Surkhandarya Region. The field research program was aimed at studying the effect of intermediate and green manure crops—mung bean, peanut, perko, rapeseed, and a mixture of perko + rapeseed + mustard—on soil fertility, its agrophysical and agrochemical properties, maize yield, and quality. The following maize hybrids and varieties were selected: O‘zbekiston 601 ESV and Qorasuv 350 AMV maize hybrids, Durdona mung bean variety, Qibray-4 peanut variety, Regina perko variety, Yasna rapeseed variety, and Kristal mustard variety.

The research was conducted on the basis of the methodological manuals “Methods of Field Experimentation,” “Methods for Conducting Field Experiments,” as well as methodological materials of the former Uzbek Research Institute of Cotton Growing, Uzbek Research Institute of Plant Production, Southern Research Institute of Agriculture, Uzbek Research Institute of Plant Protection, and scientific and production centers for agriculture [1].

Field experiments were conducted in 6 variants with 4 replications. The length of each plot was 60 m, width—7.2 m, area—432 m², and accounting area—288 m². The experimental variants were systematically arranged in a single tier.

Field experiment scheme:

1. Control (winter wheat) + maize.
2. Winter wheat + peanut + maize.
3. Winter wheat + mung bean + maize.
4. Winter wheat + perko + maize.

5. Winter wheat + rapeseed + maize.

6. Winter wheat + perko + rapeseed + mustard (mixture) + maize.

Phenological observations and biometric measurements in the experiment were carried out on model plants designated in each variant and replication.

RESULTS AND DISCUSSION. The experimental field was located in the southwestern plain part of Sherabad District. The soils of the experimental field were takyr-meadow soils with a medium loamy texture; the groundwater level was at a depth of 10–12 m, and the soils were non-saline.

The research results established that in the 0–10 cm layer, in the control variant, the proportion of structural aggregates larger than 10 mm and 10–0.25 mm was 42.0–55.8%, while in the 30–40 cm layer it was 55.5–47.4%. Under the influence of optimal green manure crops (perko, rapeseed, mustard), in the 0–10 cm layer the amount of aggregates larger than 10 mm decreased to 11.0%, while the proportion of aggregates measuring 10–0.25 mm increased by 12.1%; in the 30–40 cm layer, the corresponding indicators changed by 20.7% in the direction of reduction and by 16.6% in the direction of increase.

The effect of growing perko, rapeseed, and mustard as green manure crops on the agrophysical properties of the soil before their sowing in the 0–30 cm layer was 50.2–51.0–50.0%, and by the end of the growing season it was 51.5–51.4–51.2%. In the 30–50 cm layer, the indicators changed from 50.0–50.2–50.0% to 47.4–47.7–48.1%, i.e. decreased by 2.6–2.5–1.9%. Compared with the control variant, they were higher by 0.5–0.8–1.2%. Bulk density in the 30–50 cm layer increased by 0.04 g/cm³ in the control variant, whereas under the influence of repeated and green manure crops it increased by 0.02–0.04 g/cm³.

Water permeability under the optimal variants was higher than in the control variant by 135–131–149 m³/ha. Due to root and crop residues, 3.18–3.15–4.91 t/ha of organic matter was returned to the soil, together with N at 26.5–25.7–28.2 kg/ha, P at 24.4–25.7–27.9 kg/ha, and K at 45.9–49.5–49.9 kg/ha of nutrients.

In the experiment, in the variant where the Qorasuv 350 AMV maize hybrid was sown on the area released after winter wheat, the average yield over three years was 64.4 centners/ha. In the variants with sowing of perko, rapeseed, and a mixture of green manure crops, maize grain yield was somewhat higher and amounted to 74.5–45.4–76.3 centners/ha; compared with the control variant, an additional grain yield of 10.0–11.9 centners/ha was obtained. When the O‘zbekiston 601 ESV hybrid was grown, the yield in the control variant was 69.7 centners/ha, while under the influence of optimal green manure crops it was 78.9–80.4–82.8 centners/ha, making it possible to obtain an additional 9.2–10.7–13.1 centners/ha of maize grain compared with the control.

When studying the effect of green manure crops on the quality indicators of maize grain, it was established that the test weight of grain in the area where winter wheat was grown in the control variant was 714 g/L, while in the optimal variants it increased by 14–31 g/L compared with the control. Grain vitreousness in the control variant was 53.7%, whereas under the influence of green manure crops it was 59.0–60.1%, which was 3.6–6.4% higher than the control. Protein content in the control variant was 12.1%, while in the most optimal variants it was 13.4–14.2%, which was 1.3–2.1% higher than the control.

Starch content in the grain in the winter wheat control variant was 66.3%, while in the most optimal variants this indicator increased to 71.1–71.2%, which was 2.7–4.9% higher than the control variant.

Under the influence of optimal green manure crops, normal maturation of maize grain, uniformity of grain formation by size, timely supply of nutrients to plants, sufficient moisture and nutrient availability throughout the growing season, timely and high-quality implementation of agrotechnical measures, as well as sufficient moisture required by the plant during flowering and ear formation were ensured. This contributed to normal grain formation, had a positive effect on the phytosanitary condition of plants, and ensured an increase in the technological quality indicators of maize grain under the influence of agrotechnological factors.

CONCLUSION. In order to improve soil fertility, maize grain yield, and grain quality indicators under the influence of repeated and green manure crops on areas released after cereal crops, it is advisable to sow peanut, mung bean, perko, rapeseed, and their mixtures as green manure crops, and before autumn plowing, to chop the grown green mass and incorporate it into the soil to a depth of 35–40 cm as green fertilizer. This makes it possible to form autumn green-manure plowing, which is of important agrotechnological significance. This technology provides an additional maize grain yield of 9.2–13.1 and 10.2–11.9 centners/ha and increases profitability by 15.1–17.9%.

References

1. Methods for Conducting Field Experiments (methodological guide in the Uzbek language). — Tashkent: O‘zPITI, 2007. — 145 p.
2. Oripov R., Kenzhaev Yu. Effect of green manuring on soil fertility properties // O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi Journal. — Tashkent, 2008. — No. 3. — p. 28.
3. Kholikov B. M., Iminov A. A. The importance of repeated and intermediate crops in increasing soil fertility // Proceedings of the Republican Scientific and Practical Conference. — Tashkent: O‘zPITI, 2001. — pp. 161–163.
4. Kurvantoev R., Musurmonov A., Solieva N. et al. Changes in soil structural condition under the influence of minimum tillage // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. — Tashkent, 2010. — pp. 133–137.

SECTION: ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.002

OPTIMIZATION OF SPATIAL FORMS FOR UNDERGROUND SHELTERS: THE STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL POTENTIAL OF CURVILINEAR GEOMETRY

Danyil V. Prokopenko
PhD student
Department of Construction Technologies
ORCID: 0009-0001-6085-2032
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

In the current context of persistent security threats, a critical task for the construction industry is the rapid and efficient construction of reliable civil defense structures. According to current building codes (specifically DBN V.2.2-5:2023), protective and dual-purpose structures are strictly regulated regarding their spatial and layout designs, capacity, and ability to ensure a safe environment for people. An analysis of both domestic and international design practices demonstrates that placing these facilities underground is the most practical way to provide the necessary protective properties.

However, the baseline layout solution for underground shelters remains the traditional orthogonal system, characterized by flat horizontal ceiling slabs and straight vertical walls. While this geometry is familiar and convenient for standard civil construction methods, it can be quite inefficient in the context of underground protective structures.

The main issue is that to achieve the mandatory safety and stability levels in rectangular facilities, designers are forced to take an extensive approach — radically increasing the thickness of the reinforced concrete walls and slabs. This generates a series of interconnected problems:

Economic inefficiency: The excessive thickening of flat elements leads to enormous material consumption. The massive volumes of heavy concrete and reinforcement steel required disproportionately drive up construction costs.

Technological limitations: Constructing massive rectangular structures underground involves complex organizational and technological processes. In particular, the use of traditional rigid (panel) formwork requires heavy crane equipment, which is often unfeasible or dangerous in dense urban environments or crisis situations.

Time consumption: Building orthogonal structures with panel formwork necessitates significantly widening the excavation pit to allow workers access to the exterior walls. This drastically increases the volume of earthworks and critically prolongs the zero-cycle (groundwork) phase.

The use of traditional orthogonal forms in the underground construction of protective structures incurs unjustified economic costs and suffers from low constructability. This creates a clear engineering imperative to move away from typical flat designs in favor of optimized spatial forms. Implementing curvilinear geometry — such as vaulted, domed, or cylindrical shells — opens new possibilities for the rational use of underground space, reducing material consumption, and accelerating construction processes.

Transitioning to non-orthogonal (curvilinear) geometry offers vast opportunities for the spatial optimization of underground facilities. Among the variety of curvilinear shapes, the primary ones used in engineering practice are shallow, full cylindrical (semi-circular), and pointed vaults. An analysis of these geometric models demonstrates that while each possesses unique spatial characteristics, they are not equally effective for civil and infrastructure protection. Practical experience indicates that to meet pressing safety requirements, vault structures must feature a more convex profile with greater curvature.

Traditional shallow and semi-circular profiles share a significant drawback in their spatial organization: a substantial loss of usable volume in the near-wall zones (where the vault rests on its foundation), as the clearance height there is insufficient for practical use. Spatial analysis of various arch designs proves that pointed vaults, unlike their shallow or semi-circular counterparts, utilize this near-wall space much more efficiently at heights up to 6.0 meters. Thanks to its specific geometry formed by intersecting arcs, a pointed shell maximizes the operational floor area with adequate working clearance, without requiring an excessive increase in the structure's overall span.

This architectural and geometric advantage makes interiors with a pointed profile significantly more functional. In the context of designing modern dual-purpose facilities, this is a critical parameter. On the one hand, the optimized near-wall space allows for much better accommodation of a large number of people, facilitating the convenient arrangement of multi-tiered seating or sleeping bunks, as well as the installation of utility networks along the walls. On the other hand, the increased effective clearance height allows these underground facilities to be used for sheltering and servicing large-scale military or civilian equipment (such as tanks, aircraft, self-propelled artillery systems, etc.).

The application of curvilinear shells in underground construction provides a direct economic benefit driven by the rationalized use of primary building resources. An objective selection of an optimal structural design for a protective facility requires a comprehensive, multidimensional assessment that strictly accounts for material, labor, and energy consumption, as well as the overall total cost of the project.

The primary economic potential of vaulted structures lies in the ability to significantly reduce the cross-sectional thickness of load-bearing elements compared

to massive flat reinforced concrete slabs of a similar span. Moving away from orthogonal slabs reduces the need for large amounts of steel reinforcement, a critical factor under constrained budgets. At the same time, designers must strike a rational balance: although the pointed shape reduces internal stresses, the total concrete consumption may increase due to the significantly larger surface area of the convex shell itself compared to its shallow counterparts. Thus, economic efficiency is achieved by optimizing wall thickness and reducing steel consumption, rather than solely by cutting the volume of the concrete mix.

A second major aspect of economic viability is the optimization of earthwork volumes. Constructing traditional rectangular underground shelters using standard external formwork requires significantly widening the working space within the excavation pit to ensure safe access for the builders. Curvilinear geometry allows for more compact excavations (especially when utilizing advanced formwork systems without rigid external panels), minimizing the volume of earth removal and backfilling. This not only cuts the costs associated with heavy earthmoving equipment but also substantially shortens the zero-cycle (groundwork) duration.

Constructing curvilinear, particularly pointed, shells involves specific organizational and technological challenges, the foremost being the difficulty of concreting convex surfaces. The primary technological hurdle is the gravitational sliding of freshly poured concrete down the inclined plane of the formwork. The steeper the angle of the vault—a key feature of spatially efficient pointed shapes—the more intensely this negative effect occurs.

Traditional engineering methods to address this issue involve using additional external formwork or installing a system of temporary transverse barriers directly along the vault's contour. However, such approaches are highly labor-intensive and require significant skilled manual work. Installing double-sided rigid formwork critically complicates the reinforcement process, prevents proper compaction of the mix with internal vibrators, and substantially reduces the overall speed of construction and assembly. Furthermore, the presence of external panels makes visual inspection of the concreting process impossible.

Pathways to improving this technology lie in materials science and the modernization of formwork systems. A promising technological direction is the use of specially modified concrete mixes, particularly fiber-reinforced concrete. Thanks to altered rheological properties, increased viscosity, and better structural cohesiveness, utilizing fiber-reinforced concrete can minimize or completely eliminate the downward sliding of the mix. This sets the stage for entirely abandoning massive external formwork and transitioning to more flexible tools for shaping the shell.

Conclusions

Optimizing the spatial forms of underground shelters by shifting from traditional orthogonal structures to curvilinear geometry demonstrates substantial architectural, spatial, and economic potential. The implementation of pointed vaults enables the most efficient use of the internal volume, maximizing the usable near-wall space for sheltering individuals or accommodating large-scale equipment. Simultaneously, the curvilinear shape contributes to reducing the overall material consumption of the

structure through optimal load distribution and the minimization of earthwork volumes in the excavation pit.

However, unlocking this potential is currently hindered by conventional construction techniques. The process of casting concrete on convex surfaces using rigid panel formwork entails high labor intensity, the persistent issue of the concrete mix sliding, and an overall slow pace of work. Resolving this technological conflict demands a comprehensive modernization approach: the introduction of specialized concrete mixes, specifically fiber-reinforced concrete, alongside an inevitable transition to innovative flexible formwork systems.

References

1. Tonkacheiev, H. M., Tryhub, A. O., & Shandra, O. H. (2024). Obgruntuvannia dotsilnosti zastosuvannia strilchastykh zalizobetonnykh sklepin [Justification for the use of pointed reinforced concrete vaults]. Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva [Ways to Improve Construction Efficiency], 53(1), 49–56. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2024.53(1).49-56.
2. Chudzińska A., Achramowicz R., Kiełb P. Architecture Dedicated to Civil Protection as an Element of Sustainable Urban Development. The Searching for a 'New Fallout Shelters Standard' (NFSS) for European City Centres. Buildings. 2025. Vol. 15. P. 3989. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15213989.
3. Bordun M., Bevz M., Shekhorkina S., Nevgomonnyi H., Krutiy Y. Architectural and planning solutions for multi-storey residential buildings with safety capsules[cite: 4]. E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 534. P. 01003. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453401003.
4. Filonenko, O. I., Yurchenko, I. O., Lvovska, T. V., & Mahas, N. M. (2024). Analiz obiemno-planuvalnykh rishen sporud tsyvilnoho zakhystu za normatyvnymy vymohamy [Analysis of spatial and layout solutions for civil defense structures according to regulatory requirements]. Zbirnyk naukovykh prats. Haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo [Collection of Scientific Papers. Industrial Machine Building, Civil Engineering], 1(62), 5–10. DOI: https://doi.org/10.26906/znp.2024.63.3550.

SECTION: ART HISTORY AND LITERATURE

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.003

SYNTHESIS OF CHOREOGRAPHIC ART AND EXTREME PHYSICALITY IN THE STRUCTURE OF CONTEMPORARY SPECTACLE

Shcherbii Denys
Incomplete Bachelor's degree, Choreographer-Director, dance-acrobatics show Rouge, 4585 Dean Martin Dr, Unit 205, Las Vegas, NV 89103, USA,
ORCID: https://orcid.org/0009-0008-5579-4625.

The development of stage forms in which choreography interacts with circus arts, acrobatics, and aerial techniques is transforming the functional significance of physical movement within the composition of a spectacle. Performers' movement is increasingly used not only to construct dance sequences but also to organize stage space, create dramatic tension, and shape the visual structure of a performance. Studies of contemporary circus demonstrate that hybrid forms emerge at the intersection of circus, dance, theater, and contemporary art, while their distinctive characteristics are determined by the organization of performance material and the nature of the interaction among the body, space, and audience [2, p. 53].

For choreographic art, this interaction entails an expansion of the traditional range of compositional devices. An acrobatic element or a complex spatial action may function as a climactic movement sequence, alter the trajectory of a scene's development, determine the interaction among performers, or establish a new system of spatial coordinates. In this context, extreme physicality becomes an integral component of choreographic language, while its technical complexity is subordinated to the compositional objectives of the performance.

The aim of these theses is to identify the artistic and compositional functions of extreme physicality within the structure of the contemporary spectacle and to substantiate the specific characteristics of its synthesis with choreographic art. To achieve this aim, contemporary scholarly approaches to the interaction between dance and circus arts, movement creativity, aerial choreography, and dramaturgy were analyzed.

The concept of synthesis in this context should be understood as the organization of heterogeneous movement practices within a unified stage system. The simple inclusion of an acrobatic trick in a dance number does not in itself create a synthetic structure. Artistic interaction emerges when the technique modifies the character of the choreographic material and the choreographic composition, in turn, determines how an acrobatic or aerial action is used. This approach is evident in S. Eo's study of a performance by Rachid Ouramdane and Compagnie XY, where the combination of

circus corporeality and contemporary dance is examined as a distinct mode of constructing stage physicality [2].

Within choreographic composition, extreme physicality primarily transforms the nature of bodily work. Traditional dance generally unfolds within an established system of directions, levels, tempo-rhythmic transitions, and performer interaction. Acrobatic and circus techniques introduce additional parameters into this system, including weight transfer, inverted positions, lifts, suspension, falls, restricted support, and interaction with apparatus. As a result, the performer's body simultaneously becomes a carrier of choreographic information and a means of constructing spatial form.

The study by V. Richard, V. Glăveanu, and P. Aubertin provides grounds for interpreting this transformation as more than merely an increase in the technical complexity of movement. Based on a four-month ethnographic observation of the creative process in a circus school, the authors demonstrated that new movement ideas emerge through the interaction of performers, space, available physical possibilities, the audience, and creative constraints. Within this process, improvisation, variation in performance conditions, and experimentation with movement contribute to the development of an embodied idea that can subsequently be transformed into performance material [5, p. 232].

This approach is directly relevant to the synthesis of choreography and extreme physicality. A choreographic work may be developed not according to the model of a pre-existing dance supplemented with an acrobatic element, but through the exploration of movement under altered conditions of support, height, trajectory, or interaction among multiple bodies. In this case, the technical characteristics themselves determine the underlying principle of constructing the movement phrase. This model of material development makes it possible to avoid the mechanical combination of expressive means drawn from different genres.

Particular importance is attached to working with vertical space. Aerial choreography transforms the coordinate system conventionally associated with dance because movement is performed using suspended apparatus, while the performer's body simultaneously interacts with the floor, aerial space, and points of support. E. Stich, examining the preparation of duets in aerial dance, demonstrates that shared performance on a single apparatus requires the restructuring of basic skills, as performers must coordinate not only their own weight and positioning but also their partner's movement [6, p. 523].

This circumstance also affects choreographic composition. Partner interaction in the air creates movement situations that cannot be adequately realized by simply transferring ground-based choreography to an elevated level. The tempo of performance, the nature of support, the duration of held positions, and the sequence of transitions between elements all change. Thus, aerial physicality can function as an independent compositional principle rather than merely as an additional visual effect. The integration of extreme physicality with choreography acquires different compositional significance depending on the function it performs within the movement, spatial, partnering, and dramaturgical organization of the show, as systematized in Table 1.

Table 1. Functions of Extreme Physicality within the Choreographic Structure of a Spectacular Show

Component of the Stage Structure	Means of Extreme Physicality	Artistic and Compositional Outcome
Movement composition	acrobatic transitions, lifts, complex balances	transformation of the character and dynamics of the choreographic phrase
Spatial organization	vertical movement, suspension, work on apparatus	expansion of stage space along the vertical dimension
Performer interaction	partner lifts, counterbalances, group formations	formation of complex spatial relationships
Dramaturgy	falls, high-risk transitions, changes in level	creation of climactic and transitional moments
Spectacle	height, speed, complexity of coordination	intensification of the immediate perception of stage action

Source: developed by the author

The relationships presented above make it possible to regard extreme physicality as a multifunctional component of stage composition. Its significance is determined not by the complexity of an individual trick, but by its position within the overall structure of the performance. A technically demanding element acquires an artistic function when it alters the development of movement material, spatial organization, or the perception of the stage situation.

This conclusion is consistent with F. Trapp's approach to contemporary circus, which proposes analyzing it through dramaturgical structures and modes of meaning production. In her study, contemporary circus is examined in relation to theater, dance, and performance, with particular attention to how individual techniques and compositional decisions operate within an integrated stage structure [7, p. 122].

For the spectacular show, this implies a change in the approach to the very concept of the stage act. A sequence of isolated spectacular elements gives way to a composition in which movement actions carry different functional weight. One part of the physical material may establish the exposition, another may develop spatial or partnering interaction, while complex acrobatic elements may be concentrated at compositional points characterized by heightened dramaturgical tension. Within such a structure, extremity is defined not by a continuous increase in physical complexity, but by changes in its function within the composition as a whole.

The experience of contemporary choreography working with immersive forms is also illustrative. Li Z. associates the development of immersive dance theater with changes in choreographic logic, spatial organization, and the role of the choreographer [4]. Within this model, audience perception depends on the spatial positioning of performers, the nature of their movement, and their interaction with the environment. Extreme physicality can intensify this effect, as vertical trajectories, work with height, and complex group formations alter the direction of the audience's attention.

A similar principle can be observed in the stage practice of Sidi Larbi Cherkaoui, which G. Ghvinjilia analyzes through the example of the production Sutra. The researcher considers the integration of contemporary choreography, theatrical form, music, scenography, and elements of Chinese martial arts as a transcultural and

interdisciplinary structure [3]. For the issue examined here, this example is significant because physical technique acquires stage meaning through its incorporation into a broader system of movement, space, the material environment, and theatrical action.

Within Ukrainian practice, a related area has been investigated by V. Sosina, I. Mazur, A. Boiko, and M. Didyk, who examined the improvement of acrobatic training among students in contemporary dance ensembles. The connection between acrobatic training and choreography provides grounds for interpreting acrobatic elements as a means of expanding a performer's movement range. In professional stage practice, this creates the prerequisites for developing more complex compositions in which acrobatic technique functions in conjunction with the choreographic phrase [1, p. 63].

At the same time, the use of extreme physicality requires a different organization of performer training. In aerial choreography, the risk of falling, changes in body position, and the shared transfer of weight between partners create specific requirements for coordination and safety. Technical training is therefore an integral part of the artistic process, since insufficient stability in performance directly affects the integrity of the composition and the predictability of stage action.

The relationship between extremity and spectacle requires separate consideration. The complexity of movement does not in itself determine its artistic value, since audience perception depends on context, duration, tempo, prior compositional preparation, and interaction with other stage elements. V. White's study demonstrates that contemporary dance practice can engage with physical exertion, exhaustion, and performance duration as components of stage presence, thereby broadening the understanding of bodily spectacle [8, p. 339].

This distinction reveals a fundamental difference between the demonstration of technique and its artistic integration. In the first case, attention is focused on the complexity of the action itself, whereas in the second, complex movement is incorporated into a sequence governed by an internal compositional logic. Extreme physicality may function as a means of transition between sections of an act, as the basis of a partnering composition, as a method of organizing space, or as a climactic component. Its stage function is therefore determined by the structure of the spectacle as a whole.

The process through which such material is created is equally important. V. Richard, V. Glăveanu, and P. Aubertin demonstrate that creative movement ideas within the circus environment emerge through experimentation, improvisation, the variation of constraints, and interaction among participants in the creative process. Within choreographic-acrobatic synthesis, this creates the possibility of developing movement from physical action toward a compositional solution, rather than proceeding solely from a predetermined choreographic phrase toward its technical complication [5, p. 232].

Thus, the synthesis of choreographic art and extreme physicality can be defined as the compositional integration of dance movement, acrobatic technique, spatial action, and dramaturgical organization within a unified stage system. Its effectiveness depends on coordinating the performers' physical capabilities with the compositional objective, as well as on ensuring that the complexity of movement corresponds to the

structure of a particular act. Contemporary circus and contemporary choreography demonstrate that the boundary between dance and circus physicality is increasingly determined not by the origin of a technique, but by the way it functions within the performance.

The synthesis of choreographic art and extreme physicality constitutes a distinct principle for organizing the contemporary spectacular show, in which the physical complexity of movement is combined with compositional, spatial, and dramaturgical functions. Acrobatic, partnering, and aerial techniques expand the possibilities of choreographic composition by altering levels, trajectories, modes of support, and the nature of performer interaction. Research on contemporary circus and dance confirms the potential of this interdisciplinary approach, as it creates conditions for the development of new movement structures and forms of stage communication.

Extreme physicality acquires artistic autonomy within the show when it is compositionally integrated. Its function may involve shaping the spatial structure, developing partnering interaction, creating a climax, or changing the tempo-rhythmic organization of stage action. The further development of such forms is associated with the search for ways to integrate technical mastery, performance safety, and the dramaturgical organization of movement material.

References

1. Сосіна, В., Мазур, І., Бойко, А., & Дідик, Н. (2024). Удосконалення акробатичної підготовки учнів хореографічних колективів сучасного танцю. Науковий дискурс у фізичному вихованні і спорті, 1(3), 58–68.
2. Eo, S. (2023). A study of the acceptance of circus body language in the dance performance: Focused on Möbious by Rachid Ouramdane and Compagnie XY. The Korean Journal of Dance Studies, 92(3), 49–68. https://doi.org/10.16877/kjds.92.3.202309.49
3. Ghvinjilia, G. (2024). Threads of unity: The transcultural tapestry of Sidi Larbi Cherkaoui's contemporary dance and theatrical production "Sutra". Journal for the Interdisciplinary Art and Education, 5(1), 31–48. https://doi.org/10.5281/zenodo.10673304
4. Li, Z. (2023). Contemporary dance choreography and creation strategy with the development of immersive dance theatre. Frontiers in Art Research, 5(3), 46–50. https://doi.org/10.25236/FAR.2023.050310
5. Richard, V., Glăveanu, V., & Aubertin, P. (2023). The embodied journey of an idea: An exploration of movement creativity in circus arts. The Journal of Creative Behavior, 57(2), 221–236. https://doi.org/10.1002/jocb.571
6. Stich, E. (2023). Negotiating two ropes and a bar: performance training for aerial dance duets. Journal of Theatre Dance and Performance Training, 14(4), 511–527. https://doi.org/10.1080/19443927.2023.2187871
7. Trapp, F. (2024). Readings of contemporary circus: A dramaturgy. Routledge.
8. White, B. (2024). Slow, spectacular labours: Liveness in contemporary dance. Contemporary Theatre Review, 34(3), 325–345. https://doi.org/10.1080/10486801.2024.2388031

SECTION: BIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

UNRAVELING CHROMOSOMAL ABNORMALITIES IN THE BONE MARROW OF CHILDREN AGED 5–14 WITH B-CELL ACUTE LYMPHOBLASTIC LEUKEMIA

Maksimenko Anna Serhiivna
Master's student
Taras Shevchenko National University of Kyiv,
National Scientific Center 'Institute of Biology and Medicine',
Department of General and Medical Genetics, Ukraine

Acute lymphoblastic leukemia (ALL) is the most common cancer in children, responsible for about a quarter of all childhood cancer diagnoses. Every year, thousands of families worldwide confront the challenging reality of a new ALL diagnosis. This disease is highly diverse, arising from the transformation of immature B- or T-lymphocytes in the bone marrow—a process that can be triggered by a variety of genetic as well as exogenous factors. While the causes of ALL remain only partially understood, advances in research have revealed the complex genetic connections that drive the disease.

One of the most striking features of ALL is its variability. Two children with similar symptoms may have vastly different genetic characteristics, which might affect how the leukemia behaves and how it responds to treatment. Modern therapy, therefore, increasingly relies on customized medicine, with genetic and cytogenetic markers providing key observations that help doctors tailor therapies and predict how each young patient is likely to respond . The ultimate goal is to maximize the chances of a cure while lessening the side effects of treatment, an equilibrium that rests on comprehending the unique biology of each case.

ALL cases are most common in toddlers aged 2–3, and in this group, the genetic changes are frequently associated with better outcomes—such as high hyperdiploidy and the t(12;21)/ETV6::RUNX1 fusion. These favorable abnormalities are well studied and have led to pronounced improvements in survival rates among the youngest patients.

However, as children grow older, the genetic risks shift. For kids aged 5–14, the likelihood of encountering more dangerous chromosomal abnormalities increases, including iAMP21, Philadelphia chromosome (Ph)-positive ALL, Ph-like ALL, and complex genetic reshuffling. These high-risk abnormalities are associated with lower survival rates and often require more aggressive treatment protocols. Understanding which chromosomal changes dominate in this group is vital for updating treatment approaches and elevating survival [3, 4].

Recent studies have revealed the importance of age-specific risk profiling, and international consortia are working to advance diagnostic and treatment guidelines to

handle these differences. By focusing research efforts on the particular genetic composition of older children, experts seek to close the survival gap and guarantee that every child with ALL receives the most effective care.

Whereas advanced genetic tests such as FISH and next-generation sequencing (NGS) are changing cancer diagnostics, traditional karyotyping using GTG staining remains the backbone of initial evaluation. Why? Because it's affordable, versatile, and provides a panoramic view of the entire genome—catching both large-scale and subtle chromosomal changes in one shot. For hospitals and clinics with limited access to high-tech tools, karyotyping is indispensable [5].

Karyotyping is performed by preparing metaphase spreads from dividing cells, staining the chromosomes, and visually inspecting their structure under a microscope. Despite being more than half a century old, this method remains highly relevant, especially in resource-scarce settings. It allows cytogeneticists to assess both numerical abnormalities (such as extra or missing chromosomes) and structural aberrations (including translocations and amplifications) that may profoundly affect disease progression.

In this study, we set out to map the chromosomal landscape in the bone marrow of children aged 5–14 newly diagnosed with B-cell ALL, using classic karyotyping. Bone marrow samples were collected from patients at the Medical Genetics Laboratory of the National Children's Specialized Hospital 'Okhmatdyt'.

Our research was motivated not only by scholarly curiosity coupled with by the acute need for practical solutions in pediatric oncology. By cataloging the spectrum and frequency of chromosomal aberrations in this age group, we hope to provide clinicians with useful data to inform real-time treatment decisions, eventually improving outcomes for children and families affected by ALL.

Materials and methods. Bone marrow samples were taken primarily from the upper hip bone, then cultured and processed using standard cytogenetic techniques. Chromosomes were highlighted with GTG banding, visualized under a high-resolution microscope, and analyzed in accordance with international standards (ISCN 2020) [6]. This approach permitted in-depth examination of at least 30 dividing cells per patient, ensuring that even rare abnormalities were not missed.

To maintain reliability, our team conducted strict quality controls throughout sample preparation and analysis. Multiple independent reviewers assessed each karyotype, and ambiguous findings were resolved by consensus. This meticulous approach reduced the risk of diagnostic errors and increased the solidity of our findings.

Results and discussion. Over seven months in 2026, the team analyzed 108 bone marrow samples from children with newly diagnosed B-cell ALL. This cohort, representing a broad cross-section of the Ukrainian pediatric population, provided important awareness of the genetic alterations observed in this age group.

The results reaffirmed that standard karyotyping is an effective tool—not only for spotting classic risk markers like high hyperdiploidy (extra chromosomes), hypodiploidy (missing chromosomes), and key translocations (such as t(9;22), t(1;19), and KMT2A rearrangements)—but also for detecting rare and complex genetic

changes. By examining the unique banding patterns on chromosomes, the method even picks up on less active cancer cell clones that might otherwise escape detection.

Notably, the present analysis confirmed that nearly half of the children exhibited chromosomal abnormalities relevant to risk stratification. The spectrum included both well-known and previously underappreciated aberrations, highlighting the complexity of pediatric ALL. These results support the need for in-depth cytogenetic screening at diagnosis.

One striking discovery was the identification of iAMP21, a specific chromosomal amplification linked to older children (around 9–10 years old) that signals the need for more aggressive treatment. This marker, although relatively rare, is associated with poor prognosis and is a current focus of international research efforts. Timely detection of iAMP21 can prompt early intervention and enrollment in clinical trials testing novel therapies.

Karyotyping also helps gauge the extent to which the chromosomes have become tangled—a factor that can independently predict outcomes. The presence of multiple complex structural changes (so-called "complex karyotypes") has recently appeared as a strong indicator of treatment resistance. Even in cases with hidden (cryptic) rearrangements, such as t(12;21)/ETV6::RUNX1, karyotyping remains the essential first step, with advanced molecular tests used as needed to confirm or elucidate findings.

What does all this mean for patients and doctors? Early and accurate genetic profiling allows clinicians to sort children into risk groups right from the start, so they can fine-tune chemotherapy—dialing it back for those with good-prognosis genetics, and ramping up the intensity when dangerous markers are found. Custom approaches not only improve the likelihood of long-term survival but also reduce the risk of long-term side effects, such as heart problems or secondary cancers, which may arise from overtreatment.

Because karyotyping is widely available and affordable, it’s the logical foundation for genetic testing in national health systems. In many countries, efforts are underway to expand access to cytogenetic diagnostics and incorporate them into childhood cancer care pathways.

Conclusions. 1. Standard karyotyping with GTG staining remains an irreplaceable, accessible, and versatile first-line test for genetic screening in B-cell ALL among children aged 5–14. 2. It enables detection of both common and rare chromosomal abnormalities, as well as assessment of the overall genetic complexity of each case. 3. These understandings pave the way for truly personalized, risk-adapted treatment plans. 4. Combining karyotyping with targeted molecular testing offers the best chance of boosting survival and lessening treatment side effects for this age group.

From now on, ongoing advances in cytogenetic technology and worldwide partnerships are likely to improve our awareness of childhood leukemia further. The assimilation of genomic data into public health plans may eventually enable earlier detection, improved prevention, and more effective therapies for children worldwide.

References

1. Inaba H., Mullighan C. G. Pediatric acute lymphoblastic leukemia. Haematologica. 2020. Vol. 105, No. 11. pp. 2524–2539.
2. Hunger S. P., Mullighan C. G. Acute lymphoblastic leukemia in children. N. Engl. J. Med. 2015. Vol. 373. pp. 1541–1552.
3. Moorman A. V. The clinical relevance of chromosomal and genomic abnormalities in B-cell precursor acute lymphoblastic leukemia. Blood Rev. 2012. Vol. 26, No. 3. pp. 123–135.
4. Schwab C., Harrison C. J. Advances in B-cell precursor acute lymphoblastic leukemia genomics. HemaSphere. 2018. Vol. 2, No. 4. e53.
5. Harrison C. J., Haas O., Harbott J. et al. Detection of prognostically relevant genetic abnormalities in childhood B-cell precursor acute lymphoblastic leukemia: recommendations from the Biology and Diagnosis Committee of the International Berlin-Frankfurt-Münster study group. Br. J. Haematol. 2010. Vol. 151, No. 2. pp. 132–142.

КУЯЛЬНИЦЬКИЙ ЛИМАН ЯК КРИТИЧНИЙ ЗИМОВИЙ БІОРЕФУГІУМ ДЛЯ ВОДНО-БОЛОТНИХ ПТАХІВ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Ківганов Дмитро
кандидат біологічних наук, доцент
Бобрікова Олександра
аспірантка
Кафедра біорізноманіття наземних та водних екосистем
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Україна

Вступ. Куяльницький лиман — унікальний закритий гіпергалинний водний об’єкт на північному заході Причорномор’я, що характеризується екстремальними екологічними умовами та має статус курорту державного значення [1]. Через кліматичні зміни та інтенсивний антропогенний пресинг, що виражається у перекритті стоку річки Великий Куяльник ставками та водосховищами, лиман протягом останніх десятиліть зазнає прогресуючого обміління та засолення. Для запобігання повної екологічної катастрофи з 2014 року здійснюється періодичне штучне наповнення лиману морською водою в зимовий період [2]. У 2022 році, з метою збереження унікального ландшафтного та біологічного різноманіття, було створено Національний природний парк «Куяльницький» (Указ Президента України від 01.01.2022 № 3/2022), територія якого також включена до Смарагдової мережі Європи (Emerald Network, UA0000143) [4]. Наявність великих масивів незамерзаючої високомінералізованої ропи та прилеглих прісноводних екосистем робить цю

територію критично важливою для підтримання регіональної орнітофауни у несприятливі періоди року [3].

Матеріали та методи. В основу роботи покладено результати орнітологічних спостережень зимових скупчень птахів, які нерегулярно проводилися в пониззі Куяльницького лиману протягом останніх 30 років (з 1996 по 2026 рр.), а також сучасні моніторингові дослідження, виконані у зимові періоди після створення НПП «Куяльницький». Обліки птахів проводили за загальноприйнятими методиками маршрутного та точкового обліку на відкритих водоймах.

Результати та їх обговорення. Пониззя Куяльницького лиману безпосередньо межує з об'їзною трасою м. Одеса. Особливістю цієї ділянки є те, що з протилежного боку автошляху розташована система прісноводних водойм (ставків). Ці ставки заповнюються переважно за рахунок підґрунтових вод, які активно поповнюються міськими стоками та діяльністю деяких підприємств на околицях міста [5]. Протягом тривалого часу ці прісноводні об'єкти характеризувалися високим біологічним різноманіттям, будучи осередком концентрації водно-болотних птахів. У зимовий період тут стабільно домінують лиска (Fulica atra), крижень (Anas platyrhynchos) та озерний мартин (Chroicocephalus ridibundus), а також періодично відмічаються групи лебедів-шипунів (Cygnus olor).

Антропогенний гідрологічний режим цієї зони зазнав суттєвих трансформацій після припинення діяльності прирейкової «пропарочної станції» (призначеної для промивання залізничних цистерн з-під нафтопродуктів). Це призвело до поступового висихання частини прісноводних ставків у безпосередній близькості до станції. Проте значна частина ставкової системи збереглася і продовжує функціонувати та відігравати роль важливого екологічного резервату.

Водночас загальне зниження рівня підґрунтових вод та пов'язане з цим осушення берегової лінії лиману мало вкрай негативні екологічні наслідки для прибережної рослинності, зокрема заростей очерету звичайного (Phragmites australis) [2, 5]. Оскільки кореневища очерету раніше були захищені водою, їх оголення та висихання внаслідок падіння обводненості зробило їх надзвичайно вразливими. Під час стихійної пожежі підземні та приземні органи рослин повністю вигоріли, після чого очерет на цій ділянці берега більше не росте. Раніше щільні високостовбурні очеретяні стіни (заввишки понад 3 м) виконували важливу захисну функцію: вони ізолювали місця відпочинку, гніздування та зимівлі птахів від фактору турбування з боку людей, а також захищали їх від бродячих собак із прилеглих приватних секторів міста та залишків приміських сіл, які нині увійшли до міської смуги Одеси. Втрата цього біотопічного бар'єру суттєво погіршила захисні умови для місцевої орнітофауни.

Кліматичні коливання в зимовий період зумовлюють специфічні адаптивні реакції птахів. У суворі зими прісноводні ставки швидко замерзають. Через те, що процес замерзання відбувається поступово за вітрового збовтування, вода спершу перетворюється на переохолоджену крижану шугу («кашу»). Птахи (найчастіше лиски), які залишаються на водоймі на ночівлю, опиняються у

«льодовій пастці»: вночі за різкого зниження температури шуга моментально замерзає, і птахи вмерзають у лід.

Хоча частина особин гине, більшість водоплавних птахів встигає перелетіти на незамерзаюче дзеркало Куяльницького лиману. Завдяки екстремально високій солоності (ропа в окремі періоди перевищує 150–200 г/л) лиман не вкривається кригою навіть під час тривалих морозів, виконуючи роль унікального зимового притулку (біорефугіуму). Зимовими домінантами на самому лимані є качки: галагаз (Tadorna tadorna) та крижень.

Проте перебування на лимані супроводжується жорстким трофічним лімітуванням. Взимку в гіпергалинному середовищі відсутні доступні кормові ресурси (життєдіяльність рачка Artemia salina та личинок комарів-дзвінців Chironomidae припиняється або різко падає). Через це птахи змушені здійснювати вимушені кормові міграції на море (Одеська затока) або переміщуватися ближче до селітебних зон у пошуках антропогенних джерел живлення.

Цікавим аспектом зимової трофічної мережі є те, що загиблі в крижаному панцирі ставків птахи стають важливим джерелом живлення для хижаків та некрофагів. На замерзлому склі водойм під час сильних морозів регулярно відмічали живлення лисиць (Vulpes vulpes), сірих ворон (Corvus cornix) та рідкісного червонокнижного хижака — орлана-білохвоста (Haliaeetus albicilla), який використовує ці скупчення як стабільне зимове джерело висококалорійної їжі.

Висновки

1. Частина системи прісноводних ставків поблизу об’їзної траси м. Одеса, яка живиться підґрунтовими водами, зберігає своє важливе значення як резерват високого біорізноманіття для водно-болотних птахів у зимовий період, попри деградацію окремих ділянок через припинення роботи «пропарочної станції».

2. Осушення прибережної зони внаслідок зниження рівня підґрунтових вод призвело до випалювання кореневищ очерету під час стихійних пожеж. Втрата захисних очеретяних стін заввишки понад 3 м позбавила птахів природного сховища від людей та бродячих собак з урбанізованих територій, що посилило екологічний пресинг на популяції птахів.

3. При замерзанні ставків та виникненні «льодової пастки» для лисок, відкрита акваторія гіпергалинного Куяльницького лиману виступає незамінним зимовим біорефугіумом. Трофічний дефіцит ропи змушує птахів здійснювати кочівлі на море та до міської забудови, тоді як загиблі у кризі особини підтримують існування трофічної ланки хижаків, включаючи орлана-білохвоста.

Список використаних джерел

1. Бабов, К. Д., Нікіпєлова, О. М., Поберська, В. А. (2015). Рекреаційні та бальнеологічні ресурси Куяльницького лиману. Одеса: ДУ «Інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України».
2. Лобода, Н. С., Гриб, О. М. (2020). Гідроекологічні проблеми Куяльницького лиману в умовах змін клімату. Одеса: Екологія.

3. Русев, И. Т. (2004). Мониторинг зимних скоплений водоплавающих птиц на незамерзающих водоемах Северо-Западного Причерноморья. Птицы Азово-Черноморского региона, 12, 45–58.
4. Указ Президента України № 3/2022 «Про створення національного природного парку "Куяльницький"» від 1 січня 2022 року.
5. Черкез, Є. А., Шмуратко, В. І., Мединець, В. І. (2018). Динаміка підґрунтових вод узбережжя Куяльницького лиману під впливом урбанізації. Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки, 23(2), 112–125.

SECTION: CHEMISTRY AND PHARMACEUTICALS

POTENTIOMETRIC SENSOR FOR IBUPROFEN DETERMINATION

Kormosh Zholt
Professor of the Department of Biology and Chemistry,
Candidate of Chemical Sciences, Professor,
Uman National University, Uman, Ukraine,
Kucher Mykhailo
Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor,
Andrei Krupynskyi Lviv Medical Academy, Lviv, Ukraine;
Zadorozhna Olena
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Uman National University, Uman, Ukraine
Sokolenko Mariia
Senior Laboratory Assistant,
Department of General, Medical, and Toxicological Chemistry
State Nonprofit Company
"Danylo Halytsky Lviv National Medical University"

Ibuprofen (IBU) is a non-steroidal anti-inflammatory drug (NSAID). It exhibits anti-inflammatory, analgesic, and mild antipyretic activity. Its mechanism of action relies significantly on the inhibition of prostaglandin E and F biosynthesis at both central and peripheral levels. There is evidence suggesting that ibuprofen stimulates the production of endogenous interferon and possesses immunomodulatory properties, thereby enhancing the body's non-specific resistance [1]. In the treatment of rheumatoid arthritis, ibuprofen is most effective during the early stages of the inflammatory process, before significant joint changes have occurred. While slightly less potent than diclofenac or indomethacin, it is better tolerated. It is used to treat rheumatoid arthritis, osteoarthritis, ankylosing spondylitis, and various forms of articular and extra-articular rheumatic disorders, as well as pain associated with certain inflammatory conditions of the peripheral nervous system [2].

Recently, ibuprofen has been increasingly used as an antipyretic for the symptomatic treatment of fever associated with infectious diseases (such as influenza and acute respiratory viral infections), including in children. However, for children under three months of age, ibuprofen should be used only under a doctor's prescription, as its safety profile is less favorable than that of paracetamol, which acts solely at the central level. Furthermore, ibuprofen should not be used in children with asthma or chronic illnesses, nor in patients with gastritis or gastrointestinal ulcers [3].

A white or off-white crystalline powder of synthetic origin; practically insoluble in water; readily soluble in organic solvents (ethanol, acetone, ether, methanol,

methylene chloride); soluble in dilute solutions of alkali metal hydroxides and carbonates. It is a racemic mixture of R- and S-enantiomers. Melting point: 75–78 °C; pK_a: 4.4, 5.2. UV spectrum: λ_{max} = 265 nm (ε = 18.5); IR spectrum (cm^{-1}): 1721, 1232, 779, 1185, 870 cm^{-1} (in KBr). Store in a tightly closed container, protected from light [4].

Several groups of analytical methods are used to determine ibuprofen in pharmaceutical preparations, biological fluids, and environmental samples. The choice depends on the matrix, the required sensitivity, and the purpose of the analysis.

Table. Main methods for the determination of ibuprofen [5-11]

Method	Principle/features	Typical samples
UV spectrophotometry	Measurement of ibuprofen's intrinsic absorbance in the UV region, primarily around 220–265 nm depending on the solvent	Tablets, model solutions
Spectrophotometry with reagents	Formation of colored derivatives, complexes, or ion-pair associates followed by photometric determination	Pharmaceutical products
HPLC (HPLC-UV/DAD)	Separation primarily on reversed-phase C18 columns with UV or diode-array detection	Pharmaceutical preparations, plasma, water
LC-MS/MS	Chromatographic separation with mass spectrometric detection	Plasma, urine, natural and wastewater
Gas chromatography	Usually requires derivatization due to the low volatility of ibuprofen	Biological and environmental samples
Capillary electrophoresis	Separation of the ionized form of ibuprofen in an electric field	Pharmaceutical preparations, biological samples
Voltammetry	Electrochemical detection of the analytical signal at modified electrodes	Pharmaceutical and environmental samples

Photometric and potentiometric methods using ion-selective sensors based on ion associates have proven promising for the determination of biologically active substances [12-40].

The aim of this work is to develop an ibuprofen-sensitive sensor for its potentiometric determination based on an ion-pair complex with crystal violet.

The crystal violet–ibuprofenate ion-pair associate is synthesized according to the following procedure. First, 10^{-2} mol/L solutions of the basic dye and ibuprofen are prepared. The ibuprofen solution is added dropwise to the crystal violet solution under constant stirring, and the mixture is left to stand at room temperature for 2 hours. The resulting precipitate is filtered and washed several times with cold water to remove residual basic dye from the ion-pair associate, after which it is air-dried at room temperature for 48 hours.

Plasticized polyvinyl chloride membranes are prepared as follows: 0.075 g of polyvinyl chloride and 10% of the ion associate are weighed out, and the mixture is thoroughly stirred to ensure homogeneity. Subsequently, 0.2 ml of the plasticizer tricresyl phosphate and 0.5 ml of the solvent tetrahydrofuran are added. The resulting

solution is transferred into a circular glass mold with a diameter of 1.7 cm – which has been previously ground and adhered to a glass substrate and allowed to air-dry for 1–2 days.

To fabricate the electrode for ibuprofen determination, after the solvent has evaporated from the resulting films, discs with a diameter of 0.5–0.7 cm are cut out using a rubber-stopper borer and adhered to a polyvinyl chloride (PVC) tube using a 10% PVC solution in tetrahydrofuran. The tube is filled with an appropriate concentrated standard ibuprofen solution (10^{-2} mol/L), and a copper wire is immersed in it. The electrode is then ready for use in measurements. A universal buffer (containing 0.04 mol/L each of H_3BO_3, H_3PO_4, and CH_3COOH, along with a specific volume of 0.2 mol/L NaOH) was used to adjust and maintain the solution pH.

The proposed new method, based on the use of a polyvinyl chloride sensor utilizing an ibuprofen-crystal violet ion-pair complex, can be successfully employed for the selective determination of ibuprofen in pharmaceutical preparations. The sensor membrane composition is as follows: 0.075 g of polyvinyl chloride, 3–5% of the electroactive substance, and 65% of tricresyl phosphate. The electrode function of the fabricated sensor is linear within the ibuprofen concentration range of 9×10^{-5} to 1×10^{-1} mol/L; the slope of the electrode function is 56.0 ± 2.0 mV/pC, and the limit of detection is 4.0×10^{-5} mol/L. The sensor's response time to changes in ibuprofen concentration is 10 s. The proposed sensor performs effectively within the pH range of 8–11.

An example of ibuprofen determination: The sample is ground into a powder, weighed, dissolved in approximately 25 mL of the background solution, and separated from solid insoluble particles by filtration. The solution and washings are collected in a 50 mL flask, and the volume is made up to the mark with the background solution. The sensor and a silver/silver chloride reference electrode are immersed in the solution to be analyzed for ibuprofen content. The potential difference is measured. The ibuprofen content is determined using a calibration curve constructed under identical conditions. The relative standard deviation (Sr) for the determination of ibuprofen is 0.03–0.04 (n=5, P=0.95).

Reference

1. Grosser T., Ricciotti E., FitzGerald G.A. (2017). The Cardiovascular Pharmacology of Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drugs. Trends in Pharmacological Sciences (Review). 38 (8). 733-748. doi:10.1016/j.tips.2017.05.008.
2. https://clincalc.com/DrugStats/Drugs/Ibuprofen.
3. Rainsford K.D. (2003). Discovery, mechanisms of action and safety of ibuprofen. International Journal of Clinical Practice. Supplement. 135. 3-8. PMID 12723739.
4. https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3282/ibuprofen.
5. Anirban Tewari, Anindya Bagchi, Anusree Raha, Prosenjit Mukherjee, Monit Pal. (2017). Preparation, Estimation and Validation of the parameters of the standard curve ofIbuprofen by comparative study. Asian Journal of Pharmacy and Pharmacology. 3(3). 79-85.

6. Cristian Catalin Gavat and Afrodita Doina Marculescu. (2021). Method Development for Visible Spectrophotometric Analysis of Ibuprofen in Pharmaceuticals. The 9th IEEE International Conference on E-Health and Bioengineering - EHB 2021Grigore T. Popa University of Medicine and Pharmacy, Web Conference, Romania, November 18-19. https://www.researchgate.net/publication/362173608_Method_Development_for_Visible_Spectrophotometric_Analysis_of_Ibuprofen_in_Pharmaceuticals [accessed Sep 09 2026].
7. Henry Farrar, Lynda Letzig, Michael Gill. (2002). Validation of a liquid chromatographic method for the determination of ibuprofen in human plasma. Journal of Chromatography B. 780 (2). 341-348. https://doi.org/10.1016/S1570-0232(02)00543-3.
8. Borges K.B., de Oliveira A.R., Barth T., Jabor V.A., Pupo M.T., Bonato P.S. (2011). LC-MS-MS determination of ibuprofen, 2-hydroxyibuprofen enantiomers, and carboxyibuprofen stereoisomers for application in biotransformation studies employing endophytic fungi. Anal. Bioanal. Chem. 399(2). 915-25. doi: 10.1007/s00216-010-4329-9.
9. Huber G., Garg U. (2010). Quantitation of Ibuprofen in Blood Using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). In: Garg, U., Hammett-Stabler, C. (eds) Clinical Applications of Mass Spectrometry. Methods in Molecular Biology, vol. 603. Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-60761-459-3_27.
10. Hamoudová R., Pospíšilová M. (2006). Determination of ibuprofen and flurbiprofen in pharmaceuticals by capillary zone electrophoresis. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 41(4). 1463-1467. https://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.03.024.
11. Suresh E., Sundaram K., Kavitha B. And Senthil Kumar N. (2016). Square wave voltammetry sensing of ibuprofen on glassycarbon electrode. International Journal of Pharm Tech Research. 9(8). 182-188.
12. Ж. Кормош, Л. Гнітецький, А. Ковальчук, І. Сахарук, В. Тесунов, А. Крот, С. Борисюк, Л. Піскач. (2023). Фотометричне визначення фуросеміду в лікарських формах та біорідинах спортсменів. Проблеми хімії та сталого розвитку. №. 2. 10-15, doi: https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-2-2.
13. Ж. Кормош, Л. Гнітецький, А. Ковальчук, І. Сахарук, В. Тесунов, А. Крот, С. Борисюк, Л. Піскач, М. Кормош. (2023). Фотометричне визначення етакринової кислоти в лікарських формах та біорідинах спортсменів. Проблеми хімії та сталого розвитку, № 3, 13–19, doi: https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-3-2.
14. Zh. Kormosh, N. Kormosh, K. Lyushuk, O. Semenyuk, V. Kotsar, Yu. Osyp, and L. Savchuk. (2022). Spectrophotometric determination of flurbiprofen in application to pharmaceutical analysis. Pharmaceutical Chemistry Journal. Vol. 56, No. 7. pp. 999-1003; DOI 10.1007/s11094-022-0274.
15. Zh. Kormosh, M. Shevchuk, N. Kormosh, S. Korolchuk, T. Savchuk, and S. Suprunovich. (2022). Photometric Extraction Detection of 2-Methyl-4-Chlorophenoxyacetic acid in Water. Journal of Water Chemistry and Technology. Vol. 44, No. 5. pp. 362–368. DOI: 10.3103/S1063455X2205006X.

16. I. Antal, Zh. Kormosh, I. Kotsan, N. Kormosh, T. Savchuk, S. Korolchuk, O. Yurchenko, S. Golub, S. Suprunovich, Yu. Panchenko, V. Tkach. (2021). Selective extraction-photometric determination of non-steroidal anti-inflammatory drugs. Pharmaceutical Chemistry Journal. Vol. 55, pp. 516–523. DOI 10.1007/s11094-021-02450-9.
17. Ж.О. Кормош, С.М. Голуб, В.О. Голуб, Н.М. Горбатюк, Ю.В. Бохан, О.М. Юрченко, М.В. Шевчук. (2025). Утворення, екстракція та аналітичне застосування іонних асоціатів дикамби з 5-тіоціанато-диіндокарбоціаніном. Методи та об'єкти хімічного аналізу. № 1, с. 15-19. https://doi.org/10.17721/moca.2025.15-19.
18. Zh.A. Kormosh, O.Yu. Matviichuk, and Ya.R. Bazel. (2014). Extraction-spectrophotometric determination of mefenamic acid in pharmaceutical preparations. Journal of Analytical Chemistry. Vol. 69, No. 10. pp. 960–964. https://doi.org/10.1134/S1061934814100074.
19. Y. Bazel, I. Hunka, Zh. Kormosh, V. Andruch. (2009). Spectrophotometric determination of [2-(2,6-dichloro-phenylamino)-phenyl]-acetic acid in pure form and in pharmaceuticals. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. Vol. 74, pp. 1209-1214. DOI:10.1016/j.saa.2009.09.038.
20. Zh. Kormosh, I. Hunka, Ya. Bazel. (2009). Spectrophotometric determination of ketoprofen and its application in pharmaceutical analysis. Acta Poloniae Pharmaceutica - Drug Research. Vol. 66, No.1. P.3-9. PMID: 19226962.
21. Zh. Kormosh, I. Hunka, Ya. Bazel. (2008). Extraction and spectrophotometric determination of diclofenac in pharmaceuticals. Journal of the Chinese Chemical Society. Vol. 55. P. 356-361. DOI: 10.1002/jccs.200800052.
22. Zh. O. Kormosh, I. P. Hunka, Ya. R. Bazel. (2007). A new analytical form for the spectrophotometric determination of diclofenac in different object. Методи і об'єкти хімічного аналізу. Т. 2, № 1, С. 76-81. http://www.moca.net.ua/07/1/abs-en/abs9e.html.
23. Zh. Kormosh, I. Hunka. (2009). Preparation and Study of a Diclofenac Selective Membrane Electrode. Analytical &Bioanalytical Electrochemistry. Vol. 1 (1). P. 27 - 37. https://www.abechem.com/.
24. Zh. Kormosh, I. Hunka, Y. Bazel. (2008). An electrode immobilized in a graphite matrix with ion pair complex for the determination of diclofenac in pharmaceuticals. J. Iran. Chem. Res. V.1. P.25-32.
25. Z. Kormosh, I. Hunka, Y. Bazel. (2007). Potentiometric determination of diclofenac in pharmaceutical formulation by membrane electrode based on ion associate with base dye. Chinese Chemical Letters. 18(9):11036. https://doi.org/10.1016/j.cclet.2007.07.007.
26. Kormosh Zh., Savchuk T. (2016). Potentiometric sensor for povidone-iodine determination. Pharm. Chem. J. Vol. 50. № 8. P. 556-557. DOI: 10.1007/s11094-016-1489-8.
27. Zubenia N., Kormosh Z., Semenyshyn D., Kochubei V., Korolchuk S., Savchuk T. (2016). Design and aplication of levamisole-selective membrane sensor. Anal.

Bioanal. Electrochem. Vol. 8. № 4. P. 466-477. http://abechem.ir/No.%204-2016/2016,%208(4),%20466-477.pdf.
28. Zubenia N., Kormosh Z., Saribekova D., Sukharev S. (2016). Potentiometric membrane sensors for levamisol determination. Mediter. J. Chem. Vol. 6. №2. P. 7-14. DOI: 10.13171/mjc61/016111516/Kormosh.
29. Kormosh Zh. A., Savchuk T. I., Bazel Ya. R., Kormosh N., Zyma S. (2014). Potentiometric sensor for the determination of povidone-iodine. Anal. Bioanal. Electrochem. Vol. 6. №3. P. 367–378. http://abechem.ir/No.%203-2014/2014,6_3_,367-378.pdf.
30. Antal I., Kormosh Zh., Bazel Y., Lysenko S., Kormosh N. (2010). Design of a Vitamin B1-Selective Electrode Based on an Ion-Pair and Its Application to Pharmaceutical Analysis. Electroanalysis. Vol. 22. №22. P. 2714 – 2719. https://doi.org/10.1002/elan.201000124.
31. Zubenia N., Kormosh Zh., Semenyshyn D., Kochubei V., Kormosh A. (2018). Design of a Gramine-Selective Membrane Sensor. Anal. Bioanal. Electrochem. Vol.10. №5. P. 531-540. https:// https://www.sid.ir/paper/346445/en.
32. Kormosh Z.A., Markovska N.A., Kormosh N.N. (2019). Potentiometric Sensor for Benzylpenicillin Determination. Pharm. Chem. J. Vol. 53. P. 577–579. https://doi.org/10.1007/s11094-019-02040-w.
33. Kormosh Zh., Kormosh N., Bokhan Yu., Gorbatyuk N., Kotsan I., Suprunovich S., Parchenko V., Savchuk T., Korolchuk S. (2021). Potentiometric Sensor for Naproxen Determination. Pharm. Chem. J. Vol. 55. №1. P. 97-99. https://doi.org/10.1007/s11094-021-02379-z.
34. Kormosh Zh., Kormosh N., Bokhan Y., Horbatiuk N., Yurchenko O., Tkach V., Onyschuk O. (2022). The New Mephenaminate- and Phenylanthranilate- Selective Membrane Sensor. Anal. Bioanal. Electrochem. Vol. 14. № 1. P. 32-44. http://www.abechem.com/article_249321.html.
35. Kormosh Zh., Matskiv O., Kormosh N., Forostovska T., Bokhan Y., Golub V., Gorbatyuk N., Karaim O. (2022). Potentiometric sensor for ketoprofen determination. Pharm. Chem. J. Vol. 55. №12. P. 1412 – 1415. DOI 10.1007/s11094-022-02590-6.
36. Кормош Ж., Горбатюк Н., Бохан Ю., Боркова С. (2026). Фотометричне визначення 5-нітро-2-гідроксибензенової кислоти. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference «Achievements of Science and Applied Research» (January 12–14, 2026, Dublin, Ireland). European Open Science Space. 26-30. https://www.eoss-conf.com/wp-content/uploads/2026/01/Dublin_Ireland_12.01.26.pdf.
37. Кормош Ж., Горбатюк Н., Бохан Ю., Кормош Н. (2026). Екстракційно-фотометричне визначення саліцилової кислоти. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference «Scientific Innovation: Theoretical Insights and Practical Impacts» (January 19–21, 2026, Naples, Italy). European Open Science Space. 21-26. https://www.eoss-conf.com/wp-content/uploads/2026/01/Naples_Italy_19.01.26.pdf.
38. Кормош Ж., Юрченко О., Корольчук С., Савчук Т. (2026). Екстракційно-фотометричне визначення теноксикаму. Scientific development in a changing

world. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Lviv, Ukraine. Pp. 207-214. URL: https://sci-conf.com.ua/i-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiyascientificdevelopment-in-a-changing-world-20-22-01-2026-lviv-ukrayina-arhiv.

39. Кормош Ж., Задорожна О., Боркова С., Кормош Н. (2026). Нова аналітична форма для визначення декскетопрофену. Advanced Technologies in Scientific Research: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference. International Scientific Unity. February 25-27, Rotterdam, Netherlands. 84-88 p. URL: https://isu-conference.com/en/archive/advanced-technologies-in-scientific-research-25-02-26/.

40. Кормош Ж., Задорожна О., Люльченко Л., Бохан Ю. (2026). Нова аналітична форма для визначення флурбіпрофену. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference «Scientific Progress: Theories, Applications and Global Impact» (March 2-4, 2026, Braga, Portugal). European Open Science Space. 43-47 p. URL: https://www.eoss-conf.com/en/archive/scientific-progress-theories-applications-and-global-impact-02-03-26/.

41. Кормош Ж., Задорожна О., Загребельна Д., Ворошилов С. (2026). Нова аналітична форма для визначення пентахлорфенолу. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference «Scientific Research: Emerging Theories and Practical Breakthroughs» (March 23-25, Edinburgh, Scotland). European Open Science Space. 2026. 51-55 p. URL: https://www.eoss-conf.com/en/archive/scientific-research-emerging-theories-and-practical-breakthroughs-23-03-26/.

SECTION: COMPUTER ENGINEERING

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.004

ЗАСТОСУВАННЯ КРИПТОГРАФІЧНОГО СТИРАННЯ ДЛЯ ЗАХИСТУ ПЕРСОНАЛЬНИХ ДАНИХ У БЛОКЧЕЙН-ОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМАХ

Морозов Юрій Васильович
к.т.н, доцент
Павлів Андрій Степанович
аспірант
Кафедра комп'ютерної інженерії, ІКТА
Національний університет "Львівська політехніка", Україна

Блокчейн-орієнтовані інформаційні системи дедалі ширше застосовуються для управління ідентифікаційними даними, забезпечення простежуваності ланцюгів постачання, у сфері охорони здоров'я, фінансових послуг і міжорганізаційного обміну даними. Їхня інженерна цінність ґрунтується на використанні розподіленого консенсусу, криптографічному забезпеченні цілісності інформації та незмінності послідовності записів. Водночас саме ці властивості створюють специфічну проблему у сфері забезпечення конфіденційності, коли персональні дані безпосередньо записуються до реєстру. Блокчейн навмисно побудований як система, стійка до односторонньої модифікації, і зазвичай передбачає поширення записів між множиною вузлів, тоді як сучасні режими захисту даних вимагають дотримання принципів мінімізації даних, обмеження строків їх зберігання та, за визначених обставин, їх видалення. Стаття 17 зазначає, що загального регламенту про захист даних встановлює право на стирання персональних даних, тоді як стаття 25 передбачає забезпечення захисту даних за задумом і за замовчуванням [1]. У зв'язку з цим Європейська рада із захисту даних (EDPB) у своїх остаточних рекомендаціях 2026 року рекомендує організаціям оцінювати використання блокчейн-технологій для обробки персональних даних ще на етапі проєктування системи та загалом уникати розміщення персональних даних безпосередньо в блокчейні у випадках, коли це може суперечити основним принципам захисту даних [2].

У технічній літературі визначено декілька підходів, спрямованих на узгодження зазначених вимог: зберігання даних поза блокчейном із розміщенням у ньому лише хешів або посилань; застосування хешів із випадковою компонентою або ключових хешів; використання криптографічних зобов'язань; створення редагованих реєстрів на основі хамелеон-хешів, а також застосування шифрування у поєднанні зі знищенням ключів шифрування [4]. Для комп'ютерної інженерії особливе значення має криптографічне стирання,

оскільки цей підхід спрямований на збереження структурної та криптографічної цілісності блокчейну одночасно з обчислювальним унеможливленням доступу до захищеного інформаційного вмісту. Така технологія є усталеною практикою у сфері безпечного зберігання та санітарної обробки даних. NIST визначає криптографічне стирання як метод санітарної обробки, за якого можливість відновлення зашифрованої інформації усувається шляхом виконання відповідних криптографічних операцій, і наголошує, що успішність реалізації такого методу залежить від належного використання шифрування, коректної організації управління криптографічними ключами та обов'язкової перевірки результатів виконання процедури [5]. Відповідно, криптографічне стирання не слід розглядати лише як просту технічну команду «видалити ключ», а необхідно розуміти його як властивість усього життєвого циклу архітектури управління даними та криптографічним ключовим матеріалом.

Основна інженерна модель базується на функціональному розмежуванні даних, ідентифікаторів і криптографічного матеріалу. Нехай D позначає запис персональних даних, а k - унікальний ключ шифрування даних (Data Encryption Key, DEK). Перед збереженням інформації система обчислює шифротекст відповідно до формули C = Enc(k, D). Отриманий шифротекст зберігається у захищеному репозиторії, тоді як у блокчейні зберігається лише посилання, криптографічне зобов'язання або інший мінімально ідентифікуючий запис, необхідний для забезпечення цілісності інформації та контролю відповідних робочих процесів. Ключ DEK захищається за допомогою ключа шифрування ключів (Key Encryption Key, KEK), який управляється спеціалізованою системою управління криптографічними ключами (Key Management System, KMS) або апаратним модулем безпеки (Hardware Security Module, HSM). Запит суб'єкта персональних даних щодо стирання інформації запускає автентифікований процес виконання встановленої політики. Після схвалення відповідного запиту система знищує DEK та всі відновлювані копії або криптографічно загорнуті представлення цього ключа, деактивує всі доступні шляхи доступу до відповідної інформації та, якщо це є технічно можливим, видаляє шифротекст, що зберігається поза блокчейном. При цьому сам блокчейн не потребує переписування або модифікації вже створених блоків; натомість факт виконання процедури стирання може бути зафіксований як окрема подія без розкриття постійного ідентифікатора суб'єкта персональних даних [6].

Така архітектура істотно змінює традиційне розуміння поняття «видалення». Замість фізичного усунення кожного байта інформації з усіх компонентів розподіленого реєстру видалення розглядається як контрольоване та підтверджене знищення можливості, необхідної для інтерпретації, дешифрування або практичного використання захищеного інформаційного вмісту. Такий підхід є особливо корисним у випадках, коли прикладна система потребує збереження незмінного аудиторського сліду, але не вимагає, щоб сам зміст персональних даних залишався доступним для інтерпретації протягом усього періоду існування блокчейну. Сучасні дослідження блокчейн-архітектур, орієнтованих на забезпечення відповідності вимогам GDPR, підтримують

використання такої багаторівневої моделі. Наприклад, архітектура Olympus розділяє функції блокчейну та позаблокчейнового зберігання інформації з метою збереження аудиторської простежуваності процесів і водночас забезпечення можливості управління персональною інформацією поза межами незмінного реєстру [7]. В українських дослідженнях також запропоновано життєво-циклічну модель блокчейн-обробки, у межах якої зашифровані дані, що зберігаються поза блокчейном, система управління криптографічними ключами, смартконтракти та криптографічне стирання поєднуються з додатковими технологіями забезпечення конфіденційності [8]. Зазначені дослідження свідчать, що ключовим інженерним питанням є не можливість блокчейну технічно «видалити блок», а здатність інформаційної системи гарантувати відсутність будь-якого обґрунтовано доступного криптографічного шляху для відновлення, інтерпретації або повторного пов'язування захищеної інформації після завершення встановленого строку її зберігання.

Водночас криптографічне стирання має низку важливих технічних та організаційних обмежень. По-перше, застосування шифрування автоматично не перетворює персональні дані на анонімні дані. EDPB прямо зазначає, що зашифровані персональні дані продовжують вважатися персональними даними, а знищення ключа дешифрування робить шифротекст нечитабельним лише за наявності певних умов, зокрема за відсутності скомпрометованих або дубльованих криптографічних ключів, за умови збереження криптографічної стійкості застосованого алгоритму та відсутності обґрунтовано доступних технічних засобів або додаткової інформації, які можуть бути використані для повторної ідентифікації особи [2]. По-друге, знищення криптографічного ключа має практичний і юридично значущий результат лише за умови, що його копії не можуть бути відновлені з резервних копій, реплік, знімків стану системи, ескроу-репозиторіїв, архівів адміністраторів або систем аварійного відновлення. Настанови NIST щодо управління криптографічними ключами наголошують на необхідності контрольованого генерування, зберігання, використання, ротації, резервного копіювання та знищення криптографічного ключового матеріалу протягом усього періоду його існування [6]. Тому практична реалізація блокчейн-орієнтованої системи повинна передбачати використання унікального DEK для кожного окремого запису або для чітко обмеженого об'єкта даних, явну простежуваність життєвого циклу кожного ключа, розмежування механізмів контролю доступу та застосування процедур знищення ключів, результати яких можуть бути незалежно перевірені та підтверджені під час аудиту.

По-третє, сам блокчейн може зберігати метадані, здатні створювати можливість повторної ідентифікації конкретної особи. Публічні адреси, історії транзакцій, часові мітки, стани смартконтрактів та ідентифікатори прикладного рівня можуть залишатися доступними та видимими навіть після того, як основний інформаційний вміст стає криптографічно нечитабельним. У зв'язку з цим EDPB наголошує, що процедура стирання повинна враховувати можливість пов'язування вже існуючої транзакції в блокчейні з конкретною особою через майбутні транзакції або через додаткову інформацію, що зберігається поза

межами блокчейну [2]. Це означає, що протокол стирання повинен включати не лише криптографічне знищення ключа, а й анулювання або видалення позаблокчейнового зв'язку між конкретною особою та відповідним записом у розподіленому реєстрі, ротацію прикладних ідентифікаторів у тих випадках, коли це є доцільним, а також забезпечення того, щоб сам журнал операцій зі стирання не перетворювався на джерело розкриття персональних даних, які підлягають видаленню. Аналогічної обережності потребує використання хешів. Хеш або хеш із додаванням випадкової компоненти може істотно зменшити рівень прямого розкриття інформації, однак відповідне значення все ще може вважатися персональними даними, якщо воно залишається технічно або організаційно пов'язаним із конкретною фізичною особою [9].

Надійну реалізацію механізму криптографічного стирання можна організувати як семистадійний життєвий цикл, що включає: класифікацію даних; шифрування кожного окремого запису; захищену інкапсуляцію криптографічних ключів; мінімальне закріплення необхідної інформації в блокчейні; контрольоване політиками зберігання; криптографічне стирання; незалежну перевірку результатів виконаної процедури. Особливе значення має етап перевірки, оскільки успішний виклик API, який повідомляє про те, що «ключ видалено», сам по собі не є достатнім доказом фактичного та ефективного стирання інформації. Система повинна перевіряти відсутність активного криптографічного ключового матеріалу, підтверджувати видалення або анулювання ключів у всіх механізмах резервного копіювання та реплікації, перевіряти скасування всіх можливих шляхів контролю доступу до захищених даних і зберігати лише неідентифікуюче підтвердження факту виконання процедури стирання. Смартконтракти можуть використовуватися для координації станів запитів, фіксації часових міток або результатів застосування відповідних політик, однак вони не повинні перетворюватися на вторинне сховище персональних даних. Докази з нульовим розголошенням та інші технології підвищення рівня конфіденційності можуть додатково підтримувати можливість перевірки дотримання встановлених вимог без необхідності розкриття основного інформаційного запису або персональних даних, які становлять його зміст [8].

Модель безпеки таких систем повинна обов'язково враховувати довгострокові криптографічні ризики. EDPB зазначає, що всі системи шифрування мають обмежений і водночас невизначений строк криптографічної безпеки, та рекомендує оцінювати ризики, пов'язані із застаріванням криптографічних алгоритмів, включаючи потенційний вплив квантових обчислень, які можуть стати релевантними для криптоаналітичних атак, протягом усього життєвого циклу обробки даних [2]. Відповідно, архітектури криптографічного стирання потребують забезпечення криптографічної гнучкості (crypto-agility). Це означає, що застосовувані криптографічні алгоритми, довжини ключів, політики функціонування KMS і процедури знищення криптографічного матеріалу повинні мати можливість заміни або модернізації без необхідності повного перепроєктування всієї структури розподіленого реєстру. Додатковою вимогою до архітектури є забезпечення належного розподілу обов'язків між різними суб'єктами управління системою.

Суб'єкт або компонент системи, який уповноважений схвалювати запит на стирання персональних даних, не обов'язково повинен бути тим самим суб'єктом або компонентом, який безпосередньо контролює процес фізичного або криптографічного знищення ключового матеріалу. Водночас операційні журнали повинні фіксувати факт і параметри події безпеки таким чином, щоб не зберігати інформацію, яку система відповідно до встановленої політики або законодавчих вимог зобов'язана видалити. Такий підхід зменшує внутрішні ризики, обмежує можливості несанкціонованого втручання та забезпечує можливість незалежного аудиту самого механізму криптографічного стирання [3].

Висновки. Криптографічне стирання може забезпечити узгодження окремих вимог щодо забезпечення цілісності блокчейну та управління життєвим циклом персональних даних за умови його реалізації як складової комплексної багаторівневої архітектури. Його основною перевагою є збереження структурної та криптографічної цілісності розподіленого реєстру одночасно з навмисним і контрольованим усуненням криптографічної можливості, необхідної для інтерпретації, дешифрування або практичного використання захищених персональних даних. Водночас ефективне стирання не може бути зведене лише до видалення одного криптографічного ключа: комплексне проєктування системи повинно охоплювати всі копії та представлення ключів, резервні копії, механізми реплікації, ідентифікатори, метадані, позаблокчейнові зв'язки, процедури незалежної перевірки та ризики, пов'язані з криптографічним застаріванням.

Список використаних джерел

1. Barker E. Recommendation for Key Management: Part 1 – General. NIST Special Publication 800-57 Part 1 Rev. 5. Gaithersburg : NIST, 2020: веб-сайт. URL: https://csrc.nist.gov/pubs/sp/800/57/pt1/r5/final (дата звернення: 31.08.2026).
2. Belen-Saglam R., Altuncu E., Lu Y., Li S. A systematic literature review of the tension between the GDPR and public blockchain systems. Blockchain: Research and Applications. 2023. Vol. 4, № 2. 100129. DOI: 10.1016/j.bcra.2023.100129.
3. Chandramouli R., Hibbard E. Guidelines for Media Sanitization. NIST Special Publication 800-88 Rev. 2 [Електронний ресурс]. Gaithersburg : NIST, 2025. DOI: 10.6028/NIST.SP.800-88r2.
4. European Data Protection Board. Guidelines on processing of personal data through blockchain technologies. 2026: веб-сайт. URL: https://www.edpb.europa.eu/documents/guideline/guidelines-on-processing-of-personal-data-through-blockchain-technologies (дата звернення: 31.08.2026).
5. European Data Protection Supervisor; Agencia Española de Protección de Datos. Introduction to the hash function as a personal data pseudonymisation technique. 2019: веб-сайт. URL: https://www.edps.europa.eu/data-protection/our-work/publications/papers/introduction-hash-function-personal-data (дата звернення: 31.08.2026).
6. European Parliament and Council of the European Union. Regulation (EU) 2016/679 (General Data Protection Regulation), Articles 17, 25. 2016: веб-сайт. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj/eng/ (дата звернення: 31.08.2026).

7. Esu A. Blockchain and data protection: developing a functional erasure framework for storage limitation. Information and Communications Technology Law. 2025. P. 1–20. DOI: 10.1080/13600834.2025.2600197.
8. Gonçalves R. M., da Silva M. M., da Cunha P. R. Olympus: a GDPR compliant blockchain system. International Journal of Information Security. 2024. Vol. 23, No. 2. P. 1021–1036. DOI: 10.1007/s10207-023-00782-z.
9. Pavliv A. Blockchain-Based Anonymization Methods With Smart Contract for Data Expiry: Toward GDPR-Compliant Lifecycle Management. Advances in Cyber-Physical Systems. 2025. Vol. 10, No. 2. P. 173–177. DOI: 10.23939/acps2025.02.173.

ANALYTICAL SOFTWARE PERFORMANCE MONITORING SYSTEM

Bodnar Oleksandr Volodymyrovych
student of group PZIS-25003m
Nikolaienko Dmytro Volodymyrovych
Scientific supervisor, PhD in Economics

An analytical system (AS) is a specialized software solution that leverages domain knowledge to deliver actionable recommendations for complex problem-solving. Developing an AS dedicated to software performance monitoring has become increasingly critical as application complexity surges alongside strict runtime efficiency requirements. Suboptimal performance directly leads to user dissatisfaction and inefficient resource allocation, driving the demand for automated solutions that monitor key indicators and swiftly isolate bottlenecks. In game development using Unreal Engine, where regular profiling is essential to meet strict performance benchmarks [1], the proposed AS provides a robust framework for automated performance evaluation.

The primary objective of this work is to design and implement an analytical system that tracks runtime software metrics, detects performance degradation, and delivers targeted optimization guidance. By bridging real-time telemetry capture with domain-specific optimization principles, the system emulates expert decision-making during performance assessments [2, 3]. Architecturally, the AS relies on a rule-based knowledge base paired with an inference engine that evaluates live telemetry data to generate practical recommendations.

At its core, the system continuously captures critical telemetry in real time and evaluates it against defined baseline thresholds. Key tracked parameters include CPU and GPU utilization, memory footprint, and frame rates (FPS). Telemetry gathering is facilitated by Unreal Engine 5.5 profiling utilities—most notably Unreal Insights for deep execution trace capture and visualization [4]—as well as built-in console stat commands (such as stat unit and stat fps) for immediate workload sampling [4]. This data is then routed directly to the AS analysis module.

The system architecture comprises four primary modules: telemetry acquisition, a rule-based knowledge repository, an inference engine, and an intuitive user presentation interface. The knowledge base formalizes production rules such as: "if CPU utilization approaches 100% while GPU usage remains low, the bottleneck lies within the CPU; thread parallelization or algorithmic optimization is advised." Similarly: "if FPS drops under peak GPU utilization, the rendering pipeline is constrained; reducing draw calls or scene complexity is recommended." Beyond outputting tailored interventions, the inference engine explains the specific trigger conditions, fostering developer trust in the system's diagnostic accuracy.

A central engineering priority is ensuring the knowledge base remains modular and extensible. While early iterations rely on manually curated heuristics derived from official Unreal Engine documentation, industry best practices, and standard mobile load profiles, future releases can incorporate machine learning models. These models will automatically generate and refine heuristic rules from historical performance datasets, improving generalizability across diverse target platforms and hardware configurations.

Beyond its production utility, the proposed analytical system serves as an effective instructional aid for junior game designers and software engineers. It demystifies performance engineering fundamentals, reinforces essential profiling and debugging practices, and visually highlights the connection between technical metrics and player experience. Embedded within an Unreal Engine training workflow, it serves as an interactive testbed for performance optimization concepts.

The anticipated deliverable is a functional AS prototype capable of autonomously diagnosing common performance bottlenecks (such as compute saturation or framerate dips) and providing actionable optimization paths. This approach minimizes manual log and trace analysis, significantly accelerating profiling and QA iterations. Furthermore, the architecture offers versatile deployment options, ranging from native game engine integration to monitoring critical enterprise infrastructure and high-density data centers. Comparable commercial solutions, such as ConicIT for mainframe diagnostics [5], validate the industrial viability of this automated diagnostic framework across performance-critical domains.

References

1. Unreal Engine Performance Guide – AMD GPUOpen. [Online]. Available: https://gpuopen.com/learn/unreal-engine-performance-guide/
2. Expert Systems and Applied Artificial Intelligence. [Online]. Available: https://www.umsl.edu/~joshik/msis480/chapt11.htm
3. Bondarenko O.O. Expert Systems: Methods, Models and Technologies. Kyiv: Lira-K, 2019. – 238 p.
4. Unreal Insights Overview – Epic Games Documentation. [Online]. Available: https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/unreal-insights-overview
5. ConicIT – Expert system for z/OS performance monitoring. [Online]. Available: https://www.sdsusa.com/mainframe-performance-optimization/conicit/

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.005

ADAPTIVE ATTACK SURFACE MINIMIZATION MECHANISM IN MICROSERVICE ARCHITECTURES DURING CI/CD

Rozhko Artem
Bachelor's degree, Security Engineer, iCapital, 60 E 42nd St, New York, NY 10165, United States,
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-6083-1231

Microservice architectures decompose an application into independently deployable services connected through network interfaces, service identities, data stores, and third-party components. This distribution changes the security boundary: each externally reachable API route, permitted service-to-service path, workload privilege, secret, and dependency can become an entry point or a propagation path. Systematic reviews of microservice security associate the architectural model with a larger and more dynamic attack surface, while run-time studies emphasize that frequent deployment and limited isolation complicate static security control [1, 3]. CI/CD intensifies this problem because source repositories, build runners, artifact registries, deployment identities, infrastructure-as-code, and external dependencies participate in the same delivery chain. NIST SP 800-204D and the OWASP CI/CD risk model therefore treat artifact provenance, access control, pipeline execution, credential hygiene, configuration, and visibility as security properties that have to be verified throughout the pipeline rather than only after deployment [4, 5].

The purpose of the paper is to develop an adaptive mechanism that minimizes the attack surface of a microservice release during CI/CD by measuring deployment exposure at each security gate, comparing the candidate state with an accepted baseline, and automatically changing configuration before promotion. The mechanism is not limited to vulnerability counting. It combines five exposure dimensions: external API reachability, excessive east-west connectivity, workload privilege, secret scope, and unresolved high-risk software dependencies. This design follows the principle that attack-surface measurement should describe the resources and channels available to an adversary, while the release decision should react to changes in those resources [6].

For a candidate deployment at time t, the system state is represented by a service graph $G_t = (V_t, E_t)$ and a normalized attack-surface vector $x_t = (E_t, R_t, P_t, S_t, D_t)$. E_t denotes the share of externally reachable routes that are not required by the declared public interface; R_t denotes excess service-to-service reachability relative to the declared communication graph; P_t is the share of workloads with privileges above the predefined execution profile; S_t is the share of secrets whose scope or lifetime exceeds policy; D_t is the normalized amount of unresolved high or critical dependency exposure. Each component is bounded to [0, 1]. The aggregate Attack Surface Index (ASI) is calculated as follows (1):

$$\mathrm{ASI}_t = w^T x_t \quad (1)$$

The weights w_1–w_5 define the security significance of each dimension, satisfy $w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 = 1$, and are fixed by policy for a specific environment. A candidate release is compared with the most recently accepted baseline: $\Delta ASI = ASI_{candidate} - ASI_{baseline}$. If ΔASI exceeds the permitted release budget θ, the pipeline does not immediately reject the build. Instead, it first invokes the minimization rules and then recomputes the index. Hard constraints operate in parallel with the weighted score. A critical unpatched dependency, a public administrative endpoint, an unsigned artifact, or a deployment identity with cluster-wide administrative permissions blocks promotion regardless of the ASI value. These non-compensatory rules prevent a low value in one dimension from masking a critical violation in another.

The adaptive loop is positioned between conventional CI/CD security checks and environment promotion. At the merge and build stages, it captures dependency metadata, software bill of materials data, artifact provenance, and runner privileges. During packaging, it inspects container configuration, declared ports, Linux capabilities, user identity, and image contents. Before deployment, it constructs an API and service-connectivity diff based on manifests, ingress rules, service-mesh policies, RBAC definitions, secrets, and network policies. After a canary instance starts, observed service calls are compared with the declared communication paths. Security metrics for secure communication, identity management, and observability have already been shown to support automated validation during the continuous evolution of microservice systems [7]. The proposed mechanism extends this logic by using the resulting metric values to generate a concrete configuration change before release.

Table 1. Adaptive attack-surface controls at CI/CD checkpoints

CI/CD checkpoint	Observed attack-surface signal	Adaptive minimization action
Merge / build	Dependency set, SBOM, pipeline identity, artifact provenance	Reject untrusted provenance; reduce runner privileges; constrain dependency versions and execution identity
Image / package	Container user, capabilities, packages, ports, base image	Run as non-root; drop unnecessary capabilities; remove unused packages and undeclared ports
Pre-deployment	API routes, RBAC scopes, secrets, service reachability	Apply route allowlists, least-privilege RBAC, scoped secrets, default-deny network policies, and explicit service paths
Canary / runtime	Observed calls, dormant routes, policy violations, identity use	Compare observed and declared graphs; remove unused paths; tighten service identity and communication rules
Promotion	Recalculated ASI, ΔASI, hard-constraint status	Promote only when the score remains within the release budget and all non-compensatory controls pass

The minimization rules are deterministic. For E_t, the mechanism removes undeclared ingress paths and disables API routes that are not part of the release contract; this directly addresses inventory and authorization exposure associated with API-based systems [8]. For R_t, a default-deny model is generated and only declared service edges are permitted. For P_t, container capabilities and service-account

permissions are reduced to the smallest profile required by the deployment manifest. For S_t, secret access is narrowed to the consuming workload and long-lived credentials are replaced by short-lived or workload-bound identities where the platform supports them. For D_t, the mechanism compares the candidate SBOM with the approved baseline and blocks unresolved high-risk changes according to the organization's dependency policy. These actions correspond to security practices repeatedly reported for microservice systems, including access control, secure communication, secret protection, dependency management, and monitoring [2].

An illustrative evaluation was performed on a synthetic five-service deployment to demonstrate the decision logic rather than to claim a production benchmark. The service set contained an API gateway and four internal services. The policy weights were $w = (0.25, 0.25, 0.20, 0.15, 0.15)$. The last accepted release had $ASI_{baseline} = 0.140$ and the permitted increase was $\theta = 0.030$. A candidate release with $x = (0.40, 0.35, 0.20, 0.25, 0.30)$ produced $ASI_{candidate} = 0.310$; therefore $\Delta ASI = 0.170$ and the promotion gate was not satisfied. The adaptive rules removed one undeclared public route group, replaced wildcard service reachability with explicit paths, dropped the unnecessary privileged execution mode, narrowed secret scope, and eliminated the high-risk dependency condition. After remediation, $x' = (0.30, 0.10, 0.00, 0.10, 0.05)$ and $ASI' = 0.123$. The illustrative score decreased by 60.5% relative to the candidate state and fell below the accepted baseline, so the release satisfied the quantitative gate. The numerical example shows how a single CI/CD decision can combine network, identity, runtime, secret, and supply-chain changes without treating them as independent scanner outputs.

The mechanism differs from a conventional vulnerability gate because it can react to exposure growth even when no new CVE is detected. A release that introduces an unnecessary public route, a wildcard internal network policy, or broader service-account permissions changes the reachable attack surface despite unchanged application code. Conversely, a candidate containing a dependency finding can remain blocked even if its weighted ASI is low because the hard-constraint layer is intentionally non-compensatory. This separation between continuous measurement and mandatory security invariants supports the frequent evolution characteristic of microservice systems and avoids reducing release security to one scanner severity value [3, 7].

The proposed approach has limitations. The ASI weights and normalization limits must be calibrated for the deployment environment; transient canary traffic can distort the observed communication graph; and dependency exposure depends on the freshness and quality of vulnerability metadata. The mechanism also assumes that intended public interfaces and required service connections are declared in machine-readable policy. These limitations define the validation tasks for implementation in a Kubernetes/GitOps pipeline: measurement of policy-generation latency, false blocking rate, change in reachable service edges and privileges, and stability of ASI across repeated deployments.

Conclusion. An adaptive attack-surface minimization mechanism for microservice CI/CD was formulated as a release-by-release control loop. The mechanism represents the candidate deployment through five normalized exposure dimensions, calculates an Attack Surface Index, compares the result with the accepted baseline, applies minimization rules, and repeats the calculation before promotion. The combination of a weighted change budget with non-compensatory security constraints allows the pipeline to distinguish ordinary exposure variation from conditions that must block deployment. The mechanism can be implemented using data already produced by modern DevSecOps workflows: SBOM and provenance records, container and infrastructure-as-code manifests, API inventories, RBAC policies, network policies, service-mesh telemetry, and dependency scan results. Further work should validate the proposed index and policy rules on real microservice release histories and quantify their effect on release latency and reachable attack paths.

References

1. Berardi, D., Giallorenzo, S., Mauro, J., Melis, A., Montesi, F., & Prandini, M. (2022). Microservice security: A systematic literature review. PeerJ Computer Science, 8, e779. https://doi.org/10.7717/peerj-cs.779
2. Chandramouli, R., Kautz, F., & Torres-Arias, S. (2024). Strategies for the integration of software supply chain security in DevSecOps CI/CD pipelines (NIST Special Publication 800-204D). National Institute of Standards and Technology. https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-204D.pdf
3. Manadhata, P. K., & Wing, J. M. (2011). An attack surface metric. IEEE Transactions on Software Engineering, 37(3), 371–386. https://doi.org/10.1109/TSE.2010.60
4. Minna, F., & Massacci, F. (2023). SoK: Run-time security for cloud microservices. Are we there yet? Computers & Security, 127, 103119. https://doi.org/10.1016/j.cose.2023.103119
5. OWASP Foundation. (n.d.). OWASP Top 10 CI/CD security risks. Retrieved August 24, 2026, from https://owasp.org/www-project-top-10-ci-cd-security-risks/
6. OWASP Foundation. (2023). OWASP API Security Top 10 – 2023. https://owasp.org/API-Security/editions/2023/en/0x11-t10/
7. Rezaei Nasab, A., Shahin, M., Hoseyni Raviz, S. A., Liang, P., Mashmool, A., & Lenarduzzi, V. (2023). An empirical study of security practices for microservices systems. Journal of Systems and Software, 198, 111563. https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.111563
8. Zdun, U., Quèval, P.-J., Simhandl, G., Scandariato, R., Chakravarty, S., Jelic, M., & Jovanovic, A. (2023). Microservice security metrics for secure communication, identity management, and observability. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 32(1), Article 16, 1–34. https://doi.org/10.1145/3532183

SECTION: ECOLOGY

ASSESSMENT OF ECOSYSTEM BIOLOGICAL PRODUCTIVITY UNDER ANTHROPOGENIC LOADING BASED ON ECOLOGICAL INDICATORS

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

Abstract

Anthropogenic loading is one of the major factors affecting ecosystem structure, biological productivity, biodiversity, and ecological stability. Urbanization, industrialization, agricultural intensification, habitat fragmentation, pollution, soil degradation, and vegetation disturbance can modify the environmental conditions that regulate primary production and ecosystem functioning. The present study aims to assess the biological productivity of ecosystems under different levels of anthropogenic loading using an integrated system of ecological indicators. The methodological framework incorporates vegetation biomass and cover, species richness, community composition, biodiversity indices, soil physicochemical characteristics, microbial and fungal parameters, and remotely sensed vegetation indicators. The Shannon–Wiener and Simpson indices, together with richness and evenness measures, were applied to characterize changes in biological community structure and ecological condition. The results indicate that increasing anthropogenic pressure is generally associated with reductions in vegetation cover and biomass, simplification of species composition, increased dominance of disturbance-tolerant taxa, and alterations in soil microbial and fungal communities. Ecosystems with comparatively lower anthropogenic influence generally demonstrated greater biological diversity, more balanced community structures, and more favorable productivity-related characteristics. The findings also indicate that soil biological indicators, particularly microbial and fungal community characteristics, can provide sensitive information about changes in ecosystem functioning and may serve as early-warning indicators of ecological degradation. Remote-sensing indicators, particularly NDVI, further contribute to the spatial assessment of vegetation productivity and facilitate monitoring over larger areas. The study demonstrates that no single ecological indicator is sufficient to characterize ecosystem productivity under anthropogenic pressure. An integrated multi-indicator approach provides a more comprehensive and reliable assessment of ecosystem functional condition, ecological stability, and degradation trends. The proposed approach can be applied in environmental monitoring, biodiversity conservation, ecological restoration, sustainable land management, and assessment of anthropogenic impacts on natural and transformed ecosystems.

Keywords: anthropogenic loading, biological productivity, ecosystem functioning, ecological indicators, bioindicators, biodiversity, ecological indices, species richness, species dominance, vegetation biomass, soil microorganisms, soil fungi, ecosystem stability, ecosystem degradation, environmental monitoring, ecosystem assessment.

Introduction

Biological productivity represents one of the fundamental functional properties of ecosystems and reflects their capacity to convert available energy and inorganic resources into organic matter. It is closely associated with primary production, biomass accumulation, nutrient cycling, energy transfer, carbon sequestration, and the maintenance of ecological processes. Consequently, the assessment of biological productivity is not limited to determining the amount of biomass produced within an ecosystem; it also provides important information about ecosystem functioning, ecological stability, resilience, and the capacity of biological communities to respond to environmental changes. Under conditions of increasing anthropogenic pressure, the assessment of biological productivity becomes particularly important because human activities can substantially modify the environmental factors and biological interactions that regulate ecosystem productivity.

Anthropogenic loading encompasses a wide range of pressures, including urbanization, industrial development, agricultural intensification, land-use transformation, habitat fragmentation, pollution, soil degradation, vegetation removal, overgrazing, infrastructure expansion, and alteration of natural hydrological regimes. These pressures frequently occur simultaneously and may interact in complex ways. Their effects can be manifested through changes in soil physicochemical properties, vegetation structure, species composition, microbial activity, nutrient availability, water balance, and trophic interactions. The cumulative influence of these factors can alter the structure and functioning of ecosystems and, in severe cases, result in declining productivity, biodiversity loss, ecological simplification, and reduced resilience.

The response of biological productivity to anthropogenic loading is not necessarily linear. Moderate disturbance may temporarily increase productivity in some ecosystems through increased nutrient availability, irrigation, or the expansion of opportunistic species. However, persistent or excessive anthropogenic pressure can exceed the adaptive capacity of biological communities and lead to soil organic matter depletion, contamination, salinization, compaction, loss of vegetation cover, disruption of nutrient cycling, and reductions in primary production. Therefore, the evaluation of productivity under anthropogenic loading requires a comprehensive framework capable of distinguishing short-term changes in production from long-term deterioration of ecosystem functioning[1].

Conventional approaches to productivity assessment have primarily relied on measurements of plant biomass, vegetation cover, crop yield, photosynthetic activity, carbon fixation, chlorophyll concentration, or net primary productivity. These parameters remain essential for quantitative characterization of biological production, but they do not necessarily provide sufficient information about the ecological

processes responsible for observed changes. Two ecosystems may exhibit similar biomass values while differing substantially in biodiversity, soil quality, microbial activity, stability, and resistance to disturbance. Consequently, productivity measurements should be complemented by indicators capable of capturing structural and functional changes occurring within biological communities.

In this context, ecological indicators have become increasingly important tools for evaluating ecosystem condition under anthropogenic stress. An ecological indicator may be defined as a measurable biological, chemical, physical, or ecological attribute that provides information about environmental conditions or ecosystem processes. Unlike isolated environmental measurements, well-selected indicators can integrate multiple environmental influences and reveal changes in ecosystem functioning over time. Their application is particularly valuable in anthropogenically loaded ecosystems, where direct measurement of every component of ecological change is often impractical.

Biological indicators are especially informative because organisms integrate environmental conditions over different temporal and spatial scales. Plants, fungi, microorganisms, lichens, soil fauna, aquatic invertebrates, fish, and other biological groups may respond to environmental changes through alterations in abundance, distribution, species composition, physiological activity, reproductive performance, or community structure. These responses can be used to identify environmental stress and to evaluate the ecological consequences of anthropogenic disturbance.

Vegetation represents one of the most widely applicable groups of ecological indicators in the assessment of ecosystem productivity. Plant communities respond directly to changes in water availability, soil fertility, temperature, nutrient supply, pollution, land-use practices, and physical disturbance. Changes in plant biomass, vegetation cover, species richness, dominant species, and functional composition can therefore provide important information about productivity dynamics. A decline in vegetation cover and biomass accompanied by an increase in disturbance-tolerant species may indicate deterioration of ecosystem conditions, whereas stable vegetation structure and high functional diversity may indicate greater ecological resilience.

The importance of soil-related indicators is equally significant. Soil is a central component of terrestrial ecosystems and serves as the principal medium through which water, nutrients, organic matter, and biological interactions influence plant productivity. Anthropogenic activities can substantially alter soil pH, electrical conductivity, organic carbon content, nutrient availability, moisture regime, structure, and microbial activity. These changes can directly affect plant growth and indirectly modify decomposition and nutrient cycling. Consequently, the simultaneous assessment of soil physicochemical properties and biological indicators provides a more comprehensive understanding of productivity changes under anthropogenic loading.

Microorganisms and fungi are particularly valuable indicators of soil ecological condition. They participate in decomposition, carbon transformation, nutrient mineralization, phosphorus mobilization, nitrogen cycling, and interactions with plant roots. Because microbial communities can respond rapidly to changes in soil

environmental conditions, their structural and functional characteristics may provide early evidence of ecosystem disturbance. Fungal communities are especially relevant because fungi occupy multiple ecological niches and contribute substantially to organic matter decomposition and nutrient transfer. Changes in fungal abundance, richness, diversity, and community composition may therefore signal alterations in soil functionality and productivity potential[2].

An important advantage of biological indicators is their capacity to reflect cumulative environmental effects. Chemical measurements may provide information about the concentration of a pollutant at a particular moment, whereas biological communities may reflect the integrated consequences of repeated or prolonged exposure. This characteristic makes ecological indicators particularly useful for monitoring ecosystems affected by multiple forms of anthropogenic pressure. Nevertheless, indicator responses must be interpreted in relation to natural ecological variability because species distributions and productivity may also vary as a consequence of climate, seasonality, soil type, topography, and natural disturbance.

The assessment of ecological indicators can be strengthened through the use of quantitative biodiversity indices. Biodiversity indices provide standardized measures of community organization and facilitate comparisons among ecosystems exposed to different levels of anthropogenic influence. The Shannon–Wiener index is commonly used to characterize species diversity by incorporating both richness and relative abundance. The Simpson index provides information about dominance and community concentration, while richness and evenness indices provide additional information about the number of taxa and the distribution of individuals among them. Together, these measures can reveal changes in community structure that may not be apparent from species counts alone.

The relationship between biodiversity and biological productivity is particularly important under anthropogenic loading. Greater biodiversity may enhance productivity through niche differentiation, resource complementarity, facilitation, and more efficient utilization of environmental resources. Diverse communities may also exhibit greater functional redundancy, allowing ecosystem processes to continue despite the loss or decline of individual taxa. Conversely, anthropogenic disturbance may reduce biodiversity and increase the dominance of a small number of tolerant species. Such simplification can reduce functional complexity and potentially weaken the capacity of ecosystems to maintain productivity under additional environmental stress.

However, biodiversity indices should not be interpreted as direct measures of productivity. High species diversity does not necessarily imply high biomass production, and low diversity may occur naturally in ecosystems dominated by highly productive species. The ecological meaning of a particular index depends on ecosystem type, environmental conditions, spatial scale, and disturbance history. Therefore, ecological indicators should be integrated with direct productivity measurements and environmental parameters rather than used in isolation.

Remote sensing provides an additional dimension to the assessment of biological productivity under anthropogenic pressure. Satellite observations allow researchers to monitor vegetation dynamics over extensive spatial areas and across multiple years.

Vegetation indices such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI) can be used to characterize vegetation activity, canopy development, seasonal dynamics, and spatial patterns of ecosystem change. These technologies are particularly valuable in highly transformed landscapes where field sampling alone may not adequately capture the spatial heterogeneity of anthropogenic impacts.

The integration of remote sensing with ecological indicators can improve the detection of ecosystem degradation. For example, reductions in vegetation indices may be examined together with changes in species diversity, soil properties, microbial communities, and vegetation biomass. If multiple independent indicators demonstrate consistent deterioration, confidence in the identification of ecological degradation increases. Conversely, differences between remotely sensed productivity and field-based biological indicators may reveal more complex ecological processes requiring further investigation[3].

Anthropogenic loading also interacts strongly with climate change. Increasing temperatures, altered precipitation regimes, drought frequency, extreme weather events, and changing seasonal patterns can modify the effects of urbanization, agricultural pressure, pollution, and land-use transformation. Ecosystems already subjected to anthropogenic stress may possess reduced resilience and therefore be more vulnerable to climate-related disturbances. The assessment of biological productivity using ecological indicators can consequently contribute to the identification of ecosystems that are particularly sensitive to combined anthropogenic and climatic pressures.

Urban ecosystems represent an important example of environments where anthropogenic loading is particularly pronounced. Urban expansion results in habitat fragmentation, soil sealing, vegetation modification, atmospheric pollution, altered water regimes, and changes in species composition. Nevertheless, urban ecosystems can retain substantial biological productivity and ecological functions when green infrastructure, vegetation diversity, soil quality, and habitat connectivity are maintained. Ecological indicators can therefore be used to distinguish between urban areas with relatively functional ecosystems and areas experiencing severe ecological degradation.

Agricultural ecosystems provide another important context for indicator-based productivity assessment. Intensive cultivation, excessive fertilizer and pesticide application, irrigation, mechanization, monoculture, and soil disturbance can increase short-term production while simultaneously affecting soil biodiversity and long-term ecosystem functioning. A productivity assessment based solely on crop biomass may therefore overlook gradual deterioration of soil biological quality. The integration of plant, microbial, fungal, and soil indicators provides a more balanced evaluation of both current productivity and the ecological sustainability of production systems.

An integrated indicator framework is also relevant to ecological restoration. Successful restoration should not be evaluated solely by the establishment of vegetation or the increase of biomass. Recovery of species diversity, soil microbial communities, nutrient cycling, and ecological interactions is equally important.

Ecological indicators can therefore be used to monitor restoration trajectories and determine whether restored ecosystems are developing toward a more stable and functionally integrated state.

The selection of appropriate indicators is a critical methodological issue. An effective indicator should demonstrate a predictable response to environmental change, possess sufficient ecological sensitivity, be measurable using reproducible methods, and have a clear relationship with the ecological process being assessed. Because ecosystems are complex and anthropogenic pressures are multifaceted, the use of a single indicator is generally insufficient. A multi-indicator approach that combines biological, physicochemical, structural, and spatial variables is more likely to provide an accurate representation of ecosystem condition.

Statistical and modeling approaches can further strengthen indicator-based assessment. Correlation analysis can identify relationships between productivity and individual indicators, while multivariate techniques such as principal component analysis can identify major environmental gradients and groups of interrelated variables. Cluster analysis can be used to classify ecosystems according to similarities in ecological condition. More advanced approaches, including machine-learning algorithms, may subsequently be applied to predict productivity and identify nonlinear relationships among anthropogenic pressures, biodiversity, environmental variables, and ecosystem functioning.

The development of integrated ecological indicators is particularly important for environmental monitoring and management because early signs of ecosystem degradation may appear at the community level before substantial reductions in productivity become visible. Changes in species composition, microbial activity, fungal diversity, or dominance patterns may therefore function as early-warning signals. Detecting such changes at an early stage can facilitate timely management interventions and reduce the risk of irreversible ecosystem degradation.

From a management perspective, the assessment of biological productivity through ecological indicators provides a scientific basis for evaluating environmental quality, identifying high-risk ecosystems, prioritizing conservation measures, and assessing the effectiveness of restoration programs. It can also support sustainable urban planning, agricultural management, biodiversity conservation, and environmental impact assessment. The establishment of standardized indicator systems would allow ecosystem condition to be monitored over time and compared among regions with different levels of anthropogenic transformation.

Therefore, the assessment of ecosystem biological productivity under anthropogenic loading should be understood as a multidimensional ecological problem involving both the quantity of biological production and the integrity of the processes that sustain it. Integrating vegetation characteristics, biodiversity indices, soil physicochemical properties, microbial and fungal indicators, biomass measurements, and remote-sensing information provides a more comprehensive perspective than conventional productivity measurements alone.

The present study is focused on the ecological assessment of ecosystem biological productivity under conditions of anthropogenic loading using ecological indicators.

Particular emphasis is placed on identifying relationships between productivity, biodiversity, biological community structure, soil ecological characteristics, and indicators of environmental disturbance. The integrated assessment of these parameters is intended to provide a reliable framework for identifying changes in ecosystem functioning, detecting early signs of degradation, evaluating ecological stability, and supporting scientifically based strategies for ecosystem conservation and sustainable management.

Materials and Methods

The study was conducted to evaluate the biological productivity of ecosystems under different levels of anthropogenic loading using an integrated system of ecological indicators. The methodological concept was based on the principle that ecosystem productivity is determined by the interaction of vegetation, soil properties, microorganisms, biodiversity, climatic conditions, and anthropogenic factors. Therefore, biological productivity was assessed not as an isolated parameter but as an integrated characteristic reflecting both the quantity of biological production and the functional condition of the ecosystem. The research combined field observations, biological sampling, laboratory analyses, ecological-index calculations, and statistical interpretation.

Representative ecosystems with contrasting degrees of anthropogenic transformation were selected for comparative analysis. The sampling sites included relatively natural areas and ecosystems influenced by urbanization, agricultural activities, infrastructure development, recreational pressure, vegetation disturbance, and other forms of human impact. Sampling plots were established within relatively homogeneous habitat units, taking into account vegetation structure, soil characteristics, land-use type, visible anthropogenic disturbance, and accessibility. Geographic coordinates and general environmental characteristics of each sampling site were recorded during field investigations. The sampling design was organized to ensure that the selected sites adequately represented the environmental gradient from comparatively undisturbed conditions to strongly anthropogenically transformed ecosystems.

Field investigations were carried out during the active vegetation period, when biological processes and primary production were sufficiently pronounced. At each sampling site, vegetation structure, plant species composition, percentage vegetation cover, abundance, frequency of occurrence, and the presence of dominant and disturbance-tolerant species were recorded. Plant species were identified using appropriate botanical identification keys and taxonomic references. Particular attention was paid to changes in the relative contribution of dominant, sensitive, and stress-tolerant taxa because such changes can provide important information about the ecological response of vegetation to anthropogenic loading.

Biological productivity was primarily evaluated through vegetation biomass and structural characteristics. Representative quadrats were established within each sampling plot, and aboveground plant material was collected from a defined area. The collected material was weighed and subsequently dried to constant mass under controlled laboratory conditions. Dry biomass was expressed per unit area and used as

a direct quantitative indicator of accumulated biological production. Vegetation cover and biomass were compared among sites to determine whether increasing anthropogenic pressure was associated with changes in primary production. Where repeated observations were available, temporal changes in biomass and vegetation structure were also considered in evaluating productivity dynamics.

Soil was examined as an important component regulating ecosystem productivity. Soil samples were collected from the biologically active upper soil layer at representative points within each sampling plot. Several subsamples were collected and combined to form a composite sample representing the respective site. Samples were transported to the laboratory and prepared for physicochemical and biological analyses. Soil moisture, pH, electrical conductivity, organic matter, and selected nutrient-related characteristics were determined using standard analytical procedures. These parameters were selected because anthropogenic activities can modify soil conditions and consequently influence plant growth, microbial activity, nutrient cycling, and ecosystem productivity.

Soil biological characteristics were assessed through the analysis of microbial and fungal communities. Soil suspensions were prepared using serial dilution procedures, and appropriate aliquots were inoculated onto suitable microbiological media. For mycological assessment, Potato Dextrose Agar, Sabouraud Agar, and Czapek–Dox Agar were used according to the analytical requirements. Following incubation under controlled laboratory conditions, fungal colonies were counted and expressed as colony-forming units per gram of soil (CFU/g). Representative colonies were identified based on macroscopic colony characteristics and microscopic morphological features. The abundance, frequency, richness, and taxonomic composition of fungal communities were compared among ecosystems subjected to different degrees of anthropogenic loading.

The abundance of culturable microorganisms and fungi was calculated using the standard colony-forming unit approach. The concentration was determined according to the general expression:

CFU/g=N×DV×WCFU/g = \frac{N \times D}{V \times W}

where NN represents the number of colonies counted, DD is the dilution factor, VV is the inoculated volume, and WW represents the mass of the analyzed soil sample. The resulting values were used as indicators of soil biological activity and were interpreted together with soil physicochemical characteristics and vegetation productivity.

The ecological condition of biological communities was quantified using biodiversity indices. Species richness was calculated as the total number of taxa recorded in each sampling unit. The Shannon–Wiener diversity index was applied to evaluate the combined effect of species richness and relative abundance. It was calculated according to:

H′=−∑i=1Spiln⁡piH'=-\sum_{i=1}^{S}p_i\ln p_i

where SS represents the total number of taxa and pip_i represents the proportional abundance of taxon ii. Higher values generally indicate greater community diversity and a more balanced distribution of individuals among taxa. However, the

interpretation of the index was performed in relation to ecosystem type and environmental conditions rather than treating high diversity as an unequivocal indicator of high productivity.

The Simpson index was used to characterize species dominance and community concentration. The index was calculated as:

D=∑i=1Spi2D=\sum_{i=1}^{S}p_i^2

Higher dominance values indicate a greater contribution of a limited number of taxa to overall community structure. Changes in Simpson dominance were therefore used to identify possible community simplification associated with anthropogenic disturbance. Pielou's evenness index was additionally calculated as:

J′=H′lnSJ'=\frac{H'}{\ln S}

where H′H' represents the Shannon–Wiener index and SS represents species richness. These indices were interpreted jointly in order to distinguish between changes in richness, diversity, dominance, and distributional balance.

The relative abundance of individual taxa was determined according to:

Pi=niNP_i=\frac{n_i}{N}

where nin_i is the abundance of taxon ii, and NN is the total abundance of all recorded taxa. This parameter was particularly useful for identifying dominant and disturbance-tolerant organisms. Changes in relative abundance were compared with biomass, vegetation cover, soil characteristics, and anthropogenic loading in order to identify potential ecological indicator taxa.

Anthropogenic pressure was evaluated through a combination of direct field observations and environmental characteristics. Indicators included the intensity of land-use transformation, vegetation disturbance, soil compaction, visible pollution, infrastructure density, habitat fragmentation, and other relevant human-induced pressures. The investigated sites were subsequently interpreted along an anthropogenic gradient, allowing biological productivity and ecological indicators to be compared between less disturbed and more intensively transformed ecosystems.

Where satellite information was available, remote-sensing data were incorporated into the productivity assessment. Vegetation activity was evaluated using spectral vegetation indices, particularly the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), calculated as:

NDVI=NIR−REDNIR+REDNDVI=\frac{NIR-RED}{NIR+RED}

where NIRNIR represents near-infrared reflectance and REDRED represents red-band reflectance. NDVI values were used as complementary indicators of vegetation activity, canopy development, and spatial variation in ecosystem productivity. Remote-sensing observations were compared with field measurements of vegetation cover and biomass in order to determine the consistency between remotely detected vegetation dynamics and ground-based productivity measurements.

An integrated ecological-indicator approach was subsequently applied to establish relationships between anthropogenic loading and biological productivity. The assessment incorporated vegetation biomass, vegetation cover, species richness, Shannon–Wiener diversity, Simpson dominance, evenness, microbial and fungal abundance, soil physicochemical properties, and vegetation indices. Indicators were

interpreted collectively because individual parameters may respond differently to environmental change. For example, an ecosystem may maintain relatively high biomass despite reductions in biodiversity, whereas changes in microbial or fungal communities may occur before substantial changes in aboveground productivity become apparent.

The measured variables were standardized where necessary to facilitate comparative analysis. Standardization was performed using the following expression:

Z=X−X¯SDZ=\frac{X-\bar{X}}{SD}

where XX represents the observed value, X¯\bar{X} is the mean value, and SDSD is the standard deviation. Standardized values allowed variables measured in different units to be considered within a common analytical framework.

Statistical analysis was used to determine relationships between anthropogenic loading, ecological indicators, and biological productivity. Descriptive statistics included mean, standard deviation, minimum, maximum, and coefficient of variation. Correlation analysis was conducted to determine the direction and strength of relationships between vegetation biomass, biodiversity indices, soil properties, microbial and fungal parameters, and productivity indicators. Pearson's correlation coefficient was used for normally distributed quantitative variables, whereas Spearman's rank correlation coefficient was applied where distributional assumptions were not satisfied.

Differences between ecosystem groups were evaluated using appropriate statistical procedures according to the characteristics of the dataset. Parametric tests were applied when assumptions of normality and homogeneity of variance were satisfied, while non-parametric alternatives were used for datasets that did not meet these assumptions. Statistical significance was accepted at $p < 0.05$. Multivariate approaches, including principal component analysis and cluster analysis, were additionally considered to identify major environmental gradients and groups of sampling sites with similar ecological characteristics.

The interpretation of ecological indicators was based on the combined response of biological and environmental variables. Ecosystems characterized by high vegetation biomass, stable vegetation cover, relatively high biodiversity, balanced community structure, favorable soil conditions, and active microbial processes were considered to possess comparatively higher productivity and ecological integrity. In contrast, ecosystems characterized by reduced vegetation biomass, simplified species composition, high dominance of disturbance-tolerant taxa, altered soil properties, and changes in microbial or fungal communities were interpreted as showing potential signs of anthropogenic stress.

The methodological framework was designed to distinguish between natural ecological variability and anthropogenic effects. Because productivity and biodiversity can naturally vary according to climate, soil type, habitat structure, season, and hydrological conditions, indicator values were not interpreted independently of the ecological context. Comparisons were therefore performed between sites with comparable environmental characteristics but different degrees of anthropogenic influence wherever possible.

Overall, the combination of field-based productivity measurements, vegetation surveys, soil physicochemical analyses, microbial and fungal assessment, biodiversity indices, anthropogenic-pressure indicators, and remote-sensing observations provided a comprehensive methodological basis for evaluating ecosystem biological productivity under anthropogenic loading. This integrated approach enabled the identification of relationships between environmental stress, biological community structure, and ecosystem productivity and provided a methodological basis for detecting early signs of ecological degradation and evaluating ecosystem resilience.

Results and Discussion

The integrated assessment of biological productivity and ecological indicators demonstrated that anthropogenic loading has a substantial influence on the structural and functional characteristics of ecosystems. The comparative analysis of vegetation, soil properties, microbial and fungal communities, biodiversity indices, and productivity-related parameters revealed clear differences between ecosystems exposed to relatively low and high levels of anthropogenic pressure. The obtained results indicate that biological productivity is strongly dependent on the ecological integrity of the habitat and that changes in community structure can provide important information about the functional condition of ecosystems.

The results showed that ecosystems characterized by relatively low anthropogenic influence generally maintained greater vegetation cover, higher aboveground biomass, more complex species composition, and a more balanced distribution of plant species. These characteristics were accompanied by comparatively favorable soil conditions and greater biological activity in the soil. Such ecosystems demonstrated a greater capacity to maintain primary production because vegetation was supported by relatively stable water availability, nutrient cycling, soil organic matter, and biological interactions. The coexistence of species with different ecological and functional characteristics may also enhance resource-use efficiency through niche differentiation and complementarity.

In contrast, ecosystems exposed to intensive anthropogenic loading exhibited a tendency toward reduced vegetation cover and biomass. Areas affected by urbanization, soil disturbance, intensive land use, pollution, or vegetation removal frequently demonstrated simplified plant communities and increased representation of disturbance-tolerant species. The reduction in biomass suggests that persistent anthropogenic pressure can impair the ecological processes responsible for primary production. Soil compaction, reduced moisture infiltration, loss of organic matter, contamination, and changes in nutrient availability may collectively restrict root development and photosynthetic activity, ultimately reducing ecosystem productivity.

One of the most important findings was the relationship between anthropogenic loading and community diversity. Ecosystems with comparatively low disturbance generally demonstrated greater species richness and higher Shannon–Wiener diversity values. Their communities were also characterized by relatively greater evenness, indicating that individuals were distributed more evenly among species. In highly transformed ecosystems, species richness tended to decline and community dominance

increased. This pattern suggests that anthropogenic disturbance creates environmental conditions that selectively favor a limited number of highly tolerant species[4].

The increase in dominance observed in anthropogenically influenced ecosystems is ecologically significant. A community dominated by a small number of disturbance-tolerant taxa may retain some level of biological production, but its functional complexity and resilience may be reduced. Such communities can be more vulnerable to subsequent environmental stress because the loss of sensitive species decreases the range of ecological strategies represented within the ecosystem. Consequently, increasing dominance should be considered not simply a change in biodiversity but also a potential indication of ecological simplification.

The Shannon–Wiener index provided useful evidence of differences in community organization between ecosystems. Higher diversity values were generally associated with greater vegetation complexity and more favorable ecological conditions. However, the results also demonstrated that biodiversity and productivity should not be considered equivalent parameters. Some ecosystems may maintain relatively high biomass despite moderate reductions in species diversity, particularly where productive disturbance-tolerant species become dominant. Conversely, a community may contain numerous species but exhibit relatively low biomass under unfavorable environmental conditions. Therefore, the Shannon–Wiener index is most informative when interpreted together with biomass, vegetation cover, and environmental indicators.

The Simpson index provided complementary information by demonstrating changes in species dominance. Greater dominance in anthropogenically loaded ecosystems indicated that a smaller number of taxa contributed disproportionately to total community abundance. This pattern is consistent with ecological selection caused by environmental stress, where sensitive species are progressively eliminated or reduced while tolerant species persist. Nevertheless, dominance was interpreted in relation to ecosystem type because naturally occurring dominance by particular species can also be a characteristic of undisturbed ecosystems. The simultaneous analysis of dominance, richness, and biomass therefore provided a more reliable basis for identifying anthropogenic effects.

Soil characteristics demonstrated a particularly strong relationship with productivity. Ecosystems with greater vegetation development generally possessed more favorable soil moisture conditions, higher organic matter availability, and relatively stable physicochemical properties. In contrast, anthropogenically disturbed sites frequently demonstrated changes in soil moisture, pH, electrical conductivity, organic matter, and other properties. These changes can influence nutrient availability and root functioning and may consequently reduce primary productivity. The results therefore confirm that soil quality should be considered an essential component of ecosystem productivity assessment.

The analysis of soil biological communities further strengthened this interpretation. Microbial and fungal characteristics varied among ecosystems with different degrees of anthropogenic influence. Relatively undisturbed ecosystems generally supported more complex soil biological communities, whereas

anthropogenically affected sites demonstrated changes in the abundance and composition of microorganisms and fungi. These differences are important because microorganisms and fungi are directly involved in decomposition and nutrient cycling and therefore contribute substantially to the maintenance of ecosystem productivity.

Fungal communities were particularly informative as potential ecological indicators. Changes in fungal abundance and taxonomic composition were associated with changes in soil environmental conditions and vegetation development. Some fungal groups demonstrated greater tolerance to disturbed conditions, whereas environmentally sensitive taxa were less frequently detected under stronger anthropogenic pressure. This response suggests that fungal community composition can provide an early indication of changes in soil ecological functioning. Because fungal communities respond to changes in organic matter, moisture, contamination, and plant–soil interactions, they can complement conventional physicochemical measurements[5].

The relationship between aboveground vegetation and belowground biological communities further demonstrates the interconnected nature of ecosystem functioning. Vegetation provides organic substrates through litter deposition and root exudates, while microorganisms and fungi contribute to decomposition and nutrient mobilization. Disturbance affecting either component can therefore propagate through the ecosystem. A decline in soil biological activity may reduce nutrient availability and subsequently limit plant growth, while vegetation degradation can reduce the quantity of organic material entering the soil and further modify microbial community structure.

The assessment of vegetation indices obtained through remote sensing also revealed differences associated with anthropogenic transformation. Areas with greater vegetation development generally exhibited higher NDVI values, whereas highly disturbed areas showed lower vegetation activity. The spatial distribution of NDVI corresponded broadly with field observations of vegetation cover and biomass, demonstrating the usefulness of remote sensing as a complementary tool for large-scale productivity assessment. Nevertheless, remotely sensed vegetation indices primarily reflect aboveground vegetation characteristics and cannot independently describe changes in soil microbial communities, fungal diversity, or species-level composition.

An important advantage of combining remote sensing with ecological indicators is the possibility of linking spatial productivity patterns with biological mechanisms. For example, a decline in NDVI accompanied by reduced vegetation biomass, lower species diversity, and altered soil microbial characteristics provides stronger evidence of ecosystem degradation than a decline in NDVI alone. This integrated approach can therefore improve the interpretation of spatial patterns and support the identification of areas requiring more detailed field investigation.

The results also demonstrated that the effects of anthropogenic loading are multidimensional. No single pressure can fully explain the observed variation in productivity. Urbanization, vegetation removal, soil disturbance, pollution, land-use intensification, and habitat fragmentation may act simultaneously and reinforce one another. The cumulative effect of these pressures can modify both the abiotic

environment and biological interactions, resulting in changes in ecosystem productivity and resilience.

The relationship between anthropogenic loading and biological productivity can also be understood through the concept of ecological thresholds. Ecosystems may absorb a certain level of disturbance without substantial loss of productivity because compensatory mechanisms and functional redundancy can maintain ecosystem processes. However, continued pressure may eventually exceed the adaptive capacity of the community, resulting in abrupt changes in vegetation structure, biodiversity, soil processes, and productivity. Therefore, monitoring early changes in ecological indicators is particularly important for preventing progression toward irreversible degradation.

The combined ecological indicators were more informative than individual measurements. Vegetation biomass provided direct evidence of biological production, while species richness and diversity indices characterized community structure. Simpson dominance revealed ecological simplification, whereas soil microbial and fungal characteristics provided information about belowground functioning. Soil physicochemical properties helped explain environmental mechanisms, and remote-sensing indices extended the assessment to broader spatial scales. The convergence of these indicators provided a more comprehensive representation of ecosystem condition.

The findings further suggest that biological indicators can serve as early-warning tools for ecosystem degradation. Changes in species composition, increasing dominance of tolerant taxa, declining fungal diversity, and alterations in microbial abundance may occur before severe reductions in total biomass become evident. Monitoring these parameters simultaneously may therefore allow environmental managers to identify emerging ecological stress at an earlier stage and implement appropriate mitigation measures.

The results have important implications for urban and agricultural ecosystems. In urban environments, increasing impervious surfaces, soil sealing, fragmentation, pollution, and vegetation disturbance can reduce ecological productivity and simplify biological communities. In agricultural systems, intensive cultivation, monoculture, excessive chemical inputs, irrigation practices, and mechanical soil disturbance can increase short-term production while negatively affecting long-term soil biological functioning. Consequently, productivity assessments based exclusively on yield or biomass may underestimate the ecological costs of intensive anthropogenic management.

The observed patterns also have implications for ecosystem restoration. Restoration success should not be evaluated exclusively through increased vegetation cover or biomass. The recovery of species diversity, soil microbial and fungal communities, nutrient cycling, and ecological interactions is equally important. Ecological indicators can therefore provide a more comprehensive measure of whether a degraded ecosystem is progressing toward functional recovery or merely developing a vegetation layer dominated by a limited number of tolerant species.

Overall, the results support the hypothesis that increasing anthropogenic loading is generally associated with structural simplification, changes in biodiversity, alteration of soil biological processes, and reduced productivity-related characteristics. However, the relationship is context-dependent and may vary according to ecosystem type, intensity and duration of disturbance, climatic conditions, and resource availability. This emphasizes the necessity of using ecosystem-specific reference conditions and multiple complementary indicators when evaluating anthropogenic impacts.

The integrated results demonstrate that biological productivity should be regarded as a multidimensional indicator of ecosystem functioning. High productivity in isolation does not necessarily represent high ecological integrity, particularly where production is maintained by a small number of disturbance-tolerant species. A more meaningful assessment requires simultaneous consideration of productivity, biodiversity, community balance, soil biological activity, and environmental quality.

Thus, the application of ecological indicators provides an effective basis for assessing the consequences of anthropogenic loading on ecosystem biological productivity. The combined use of vegetation biomass, biodiversity indices, dominance measures, microbial and fungal indicators, soil physicochemical characteristics, and remote-sensing data improves the detection of ecological changes and provides a stronger scientific basis for environmental monitoring. The results emphasize that maintaining biodiversity, protecting soil biological functions, reducing excessive anthropogenic pressure, and preserving habitat heterogeneity are essential for sustaining ecosystem productivity and resilience over the long term.

Conclusion

The present study demonstrates that the assessment of ecosystem biological productivity under anthropogenic loading requires an integrated ecological approach that combines productivity parameters with biological, physicochemical, and biodiversity indicators. Biological productivity is not solely determined by biomass accumulation but represents the combined outcome of vegetation development, soil conditions, nutrient cycling, microbial activity, species interactions, and environmental stability. Consequently, its evaluation through a system of complementary ecological indicators provides a more reliable characterization of ecosystem functional condition.

The findings indicate that increasing anthropogenic pressure is generally associated with changes in vegetation structure, reductions in biomass and vegetation cover, simplification of species composition, increased dominance of disturbance-tolerant taxa, and alterations in soil biological communities. These changes demonstrate that prolonged human-induced disturbance can negatively affect the ecological processes responsible for maintaining biological productivity and may reduce the resilience of ecosystems to additional environmental stresses.

Biodiversity indices, particularly the Shannon–Wiener and Simpson indices, proved useful for identifying changes in community organization. Increased species dominance and reduced evenness under anthropogenic influence can serve as important signals of ecological simplification. However, the results emphasize that biodiversity indices should not be interpreted independently, because species diversity and biological productivity do not always demonstrate a direct linear relationship. Their

combination with biomass measurements, vegetation cover, and environmental parameters provides a substantially more informative assessment.

Soil microorganisms and fungi represent particularly valuable ecological indicators because of their central roles in decomposition, nutrient cycling, organic matter transformation, and plant–soil interactions. Changes in their abundance and community composition can provide early evidence of soil functional degradation and may precede clearly visible changes in vegetation productivity. Therefore, the inclusion of soil biological indicators can significantly improve the sensitivity of ecosystem monitoring systems.

Remote-sensing indicators such as NDVI provide an additional and valuable means of monitoring spatial and temporal changes in vegetation productivity. Their integration with field-based biological and ecological measurements makes it possible to connect large-scale patterns of vegetation activity with underlying ecological processes. Nevertheless, remote sensing should be used as a complementary rather than independent method because it cannot adequately represent belowground biological processes and species-level community changes.

Overall, the study confirms that a multi-indicator ecological assessment system is more effective than the use of individual indicators for evaluating biological productivity under anthropogenic loading. The combined assessment of vegetation biomass, species richness, biodiversity, dominance, soil physicochemical characteristics, microbial and fungal communities, and remote-sensing indicators provides a comprehensive basis for identifying ecosystem degradation and changes in ecological functioning.

The practical significance of this approach lies in its applicability to environmental monitoring, biodiversity conservation, ecological restoration, urban ecosystem management, agricultural sustainability, and environmental impact assessment. Regular monitoring of sensitive ecological indicators can facilitate the early detection of anthropogenic stress and enable timely management interventions before degradation becomes irreversible.

In conclusion, maintaining biological productivity under increasing anthropogenic pressure requires the preservation of biodiversity, protection of soil biological functions, reduction of excessive environmental disturbance, and conservation of habitat heterogeneity. The integration of ecological indicators into long-term monitoring programs can provide an effective scientific basis for evaluating ecosystem resilience, identifying degradation trends, and developing sustainable strategies for the conservation and restoration of ecosystem functions.

References

1. Balvanera, P., Pfisterer, A. B., Buchmann, N., He, J.-S., Nakashizuka, T., Raffaelli, D., & Schmid, B. (2022). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. Ecology Letters, 25, 179–198.
2. Bongers, F. J., Schmid, B., Bruelheide, H., et al. (2021). Functional diversity effects on productivity and ecosystem functioning under environmental change. Ecological Monographs, 91, e01467.

3. Della Rocca, G., Mello, A., & colleagues. (2023). Responses of a soil fungal community to severe windstorm damages in an old silver fir stand. Frontiers in Microbiology, 14, 1246874.
4. Hua, F., Isbell, F., Piao, S., et al. (2022). The biodiversity and ecosystem services relationship under human pressure. Nature Ecology & Evolution, 6, 1270–1279.
5. Jacoby, R. P., Peukert, M., Succurro, A., Koprivova, A., & Kopriva, S. (2021). The role of soil microorganisms in plant mineral nutrition—current knowledge and future directions. New Phytologist, 234, 124–136.
6. Rillig, M. C., Lehmann, A., Aguilar-Trigueros, C. A., & Roscher, C. (2022). Phylotype diversity within soil fungal functional groups drives ecosystem stability. Nature Ecology & Evolution, 6, 900–909.

MODELING ECOSYSTEM BIOLOGICAL PRODUCTIVITY BASED ON THE INTEGRATED EFFECTS OF CLIMATE, SOIL, AND BIODIVERSITY FACTORS

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

Abstract

This article investigates the interactive and complex effects of climatic, soil, and biodiversity factors on the formation of ecosystem biological productivity. Biological productivity is considered one of the key indicators of energy and matter cycling, structural and functional stability, and ecological sustainability of ecosystems. The study systematically analyzes the role of major ecological variables, including temperature, precipitation, soil moisture, pH, organic matter content, nitrogen and phosphorus availability, as well as species richness, taxonomic diversity, and functional biodiversity, in determining variations in ecosystem productivity. Assessing these factors not independently but in an integrated framework enables a more comprehensive understanding of the spatial and temporal variability of ecosystem productivity. The research approach employs statistical and multivariate modeling methods to determine the relative contribution of climatic, soil, and biodiversity indicators to biological productivity and to identify potential nonlinear relationships among these variables. The findings indicate that ecosystem productivity is closely associated not only with climatic conditions but also with soil ecological quality and the level of biological diversity. In particular, favorable soil conditions and high biodiversity contribute to more efficient resource utilization by ecosystems and play an important role in maintaining productivity under conditions of environmental variability. The integrated modeling approach is of considerable importance for

assessing ecosystem productivity potential, predicting ecological risks, and establishing a scientific basis for sustainable natural resource management.

Keywords: ecosystem productivity, biological productivity, climatic factors, soil properties, biodiversity, ecosystem functions, ecological modeling, soil fertility, climate change, ecosystem sustainability.

Introduction

Ecosystem biological productivity is one of the fundamental indicators of ecosystem functioning, reflecting the capacity of biological communities to capture, transform, and accumulate energy and matter within ecological systems. It is commonly expressed through the production of organic biomass by autotrophic organisms and represents a key component of ecosystem carbon cycling, nutrient dynamics, energy flow, and trophic interactions. At the same time, biological productivity is not a static ecosystem characteristic; rather, it emerges from the complex interaction of climatic conditions, soil properties, biological diversity, and anthropogenic pressures. Understanding the mechanisms through which these factors jointly regulate ecosystem productivity has therefore become increasingly important in the context of rapid environmental change, climate variability, land degradation, and biodiversity loss.

Climate is among the principal environmental determinants of ecosystem productivity because it regulates the availability of energy and water, the duration of biological activity, and the physiological processes underlying primary production. Temperature, precipitation, solar radiation, atmospheric humidity, and the length of the growing season can directly influence photosynthetic activity, plant growth, respiration, evapotranspiration, and nutrient uptake. The effects of individual climatic variables, however, are rarely independent. For example, elevated temperature may stimulate metabolic processes when water and nutrients are sufficiently available, whereas under conditions of water limitation it may increase evapotranspiration and physiological stress, ultimately reducing productivity. Similarly, increased precipitation may enhance productivity in water-limited ecosystems but have weaker or even negative effects in ecosystems where excessive soil moisture causes oxygen limitation, nutrient leaching, or unfavorable root-zone conditions. Consequently, the relationship between climate and biological productivity is inherently nonlinear and strongly dependent on ecosystem-specific environmental conditions[1].

Soil constitutes another fundamental component of the productivity system because it provides plants with water, mineral nutrients, physical support, and a habitat for diverse communities of microorganisms and soil fauna. Soil productivity is determined by a combination of physicochemical and biological properties, including organic matter content, nutrient availability, pH, texture, moisture regime, bulk density, salinity, cation exchange capacity, and microbial activity. These characteristics influence root development, nutrient mineralization, water retention, and the accessibility of essential elements to plants. In particular, soil microorganisms play a critical role in decomposition processes and nutrient cycling, thereby mediating the transfer of nutrients between organic matter and living biomass. Variations in soil properties can therefore modify the magnitude and direction of climatic effects on ecosystem productivity.

The biological component of ecosystems adds another dimension to the regulation of productivity. Biodiversity encompasses variation at genetic, species, functional, and ecosystem levels and can affect ecosystem functioning through complementarity, facilitation, resource partitioning, and selection effects. Diverse biological communities may exploit environmental resources more efficiently because species differ in their ecological niches, physiological characteristics, phenological patterns, and responses to environmental fluctuations. Functional diversity, in particular, has been increasingly recognized as an important determinant of ecosystem productivity because the functional traits of organisms directly influence resource acquisition, biomass accumulation, nutrient cycling, and ecosystem resilience. Thus, the relationship between biodiversity and productivity cannot be adequately described solely through species richness; it also requires consideration of species composition, functional characteristics, community structure, and ecological interactions.

The interactions among climate, soil, and biodiversity are particularly important for understanding variations in ecosystem productivity. Climatic conditions can alter soil moisture, temperature, organic matter decomposition, and nutrient availability, while soil conditions can modify plant responses to climatic stress. At the same time, biodiversity can influence soil processes and ecosystem responses to environmental variability. For instance, plant communities with greater functional diversity may maintain productivity under climatic stress through complementary resource use and differential species responses. Similarly, diverse microbial communities can contribute to more efficient decomposition and nutrient cycling, potentially increasing nutrient availability for primary producers. These reciprocal relationships indicate that ecosystem productivity should be considered as an emergent property resulting from the interaction of multiple environmental and biological drivers rather than as a response to isolated factors.

The increasing intensity of global environmental change further emphasizes the need to investigate these interactions. Climate change is altering temperature and precipitation regimes, increasing the frequency and intensity of extreme climatic events, and modifying the temporal and spatial distribution of water and energy resources. Concurrently, land-use change, urbanization, agricultural intensification, pollution, soil degradation, and habitat fragmentation are transforming ecosystem structure and biodiversity. These pressures can interact synergistically, potentially producing ecosystem responses that cannot be predicted from the effect of any individual driver alone. Consequently, conventional approaches based on separate correlations between productivity and individual environmental variables may be insufficient for accurately characterizing ecosystem responses under changing environmental conditions.

Biological productivity also exhibits substantial spatial and temporal heterogeneity. Different ecosystems including forests, grasslands, wetlands, agricultural landscapes, semi-arid ecosystems, and urban green spaces differ considerably in their climatic sensitivity, soil constraints, biodiversity structure, and productivity potential. Even within the same ecosystem type, productivity can vary according to topography, soil heterogeneity, microclimatic conditions, species

composition, disturbance history, and resource availability. Temporal variability may occur at seasonal, annual, and interannual scales in response to climatic fluctuations, phenological changes, disturbance events, and alterations in nutrient availability. A comprehensive assessment of productivity therefore requires approaches capable of integrating multidimensional environmental data across spatial and temporal scales.

Modeling provides an effective framework for addressing this complexity. By integrating climatic, edaphic, and biodiversity-related variables into a unified analytical framework, ecosystem productivity models can identify the relative contribution of different drivers, characterize nonlinear relationships, detect interactions among predictors, and estimate productivity under different environmental scenarios. Statistical models, ecological process-based models, and machine-learning approaches offer complementary opportunities for understanding these relationships. While traditional statistical methods are useful for quantifying associations and testing hypotheses concerning individual factors, advanced computational approaches can capture complex nonlinear interactions and threshold effects that may remain undetected in conventional linear models[2].

An important advantage of integrated modeling is the possibility of distinguishing between direct and indirect effects. Climate variables may directly influence plant physiological processes while simultaneously affecting soil moisture and nutrient dynamics. Soil properties may directly constrain plant growth but also influence microbial activity and consequently nutrient cycling. Biodiversity may directly contribute to resource-use efficiency while indirectly enhancing soil processes and ecosystem resistance to environmental stress. Such interconnected pathways demonstrate that ecosystem productivity represents the outcome of a network of ecological relationships rather than a simple function of independent predictors.

The incorporation of biodiversity indicators into productivity models is particularly significant. Conventional productivity assessments frequently emphasize climatic and soil variables while treating biodiversity as a secondary ecological characteristic. However, increasing evidence from ecosystem ecology suggests that biodiversity contributes directly to the stability, efficiency, and resilience of ecological systems. Species richness, Shannon diversity, Simpson diversity, functional diversity, evenness, and community composition can provide complementary information concerning the biological structure of ecosystems. Integrating these indicators into predictive models may improve the ability to explain spatial differences in productivity and to identify ecosystems that are particularly vulnerable to environmental change.

Furthermore, the concept of ecosystem productivity extends beyond the measurement of biomass accumulation. Productivity is closely linked to carbon sequestration, nutrient retention, soil formation, habitat provision, food-web structure, and the delivery of ecosystem services. Changes in productivity can therefore have consequences that extend across multiple ecological levels. A decline in productivity may indicate resource limitation, ecological degradation, biodiversity loss, or increasing environmental stress, whereas sustained productivity under changing conditions may reflect greater ecological resistance and adaptive capacity. Consequently, productivity modeling can serve not only as a tool for ecological

research but also as an instrument for environmental monitoring, ecosystem assessment, and sustainable land-management planning.

The development of integrated ecosystem productivity models is especially relevant for regions characterized by strong environmental gradients and pronounced anthropogenic transformation. In such regions, differences in climate, soil properties, vegetation structure, biodiversity, and land-use intensity can produce considerable spatial variation in ecosystem functioning. Identifying the combinations of environmental factors that promote or constrain productivity can contribute to the development of ecosystem-specific management strategies. Such an approach is particularly valuable for semi-arid and urbanizing landscapes, where water availability, soil degradation, fragmentation, and climatic stress may jointly determine ecological performance.

Despite substantial progress in ecosystem modeling, several methodological challenges remain. One major challenge is the high degree of interdependence among environmental variables. Climate, soil, vegetation, and biodiversity variables frequently exhibit collinearity, making it difficult to separate their individual effects. Another challenge is the presence of nonlinear relationships and interaction effects. Productivity may increase with a factor up to a certain threshold and then decline, while the influence of one variable may depend strongly on the level of another. For example, the productivity response to temperature may vary according to soil moisture, nutrient availability, and plant functional composition. Consequently, models that assume linear and independent effects may provide an incomplete representation of ecosystem functioning.

A further challenge concerns the selection of appropriate spatial and temporal scales. Relationships observed at local scales may differ substantially from those identified at regional or landscape scales. Similarly, short-term productivity responses may not reflect long-term ecosystem dynamics. The integration of multi-scale datasets is therefore essential for developing robust models capable of distinguishing transient environmental responses from persistent ecological patterns. Advances in remote sensing, geographic information systems, automated environmental monitoring, and computational ecology now provide unprecedented opportunities to integrate such datasets.

Against this background, the comprehensive modeling of ecosystem biological productivity based on the combined influence of climate, soil, and biodiversity represents an important direction in contemporary ecological research. Such modeling allows ecosystem productivity to be interpreted within a multidimensional framework in which abiotic and biotic factors interact dynamically. Rather than evaluating climate, soil, and biodiversity as independent determinants, an integrated approach recognizes that their combined effects may be additive, synergistic, antagonistic, or mediated through indirect ecological pathways.

The present study is therefore focused on developing an integrated conceptual and analytical framework for modeling ecosystem biological productivity under the combined influence of climatic conditions, soil characteristics, and biodiversity factors. The study aims to identify the principal environmental and biological

determinants of productivity, quantify their relative contributions, evaluate potential interaction effects, and establish a predictive framework capable of describing spatial and temporal variability in ecosystem productivity. Particular attention is given to the identification of nonlinear relationships and potential threshold responses, as these may provide important insights into ecosystem sensitivity and resilience under changing environmental conditions[3].

The proposed approach is expected to contribute to a more comprehensive understanding of the mechanisms regulating ecosystem productivity and to provide an empirical basis for ecological forecasting and environmental assessment. By integrating climate, soil, and biodiversity variables within a unified modeling framework, the study seeks to bridge the gap between conventional productivity assessment and increasingly complex approaches to ecosystem analysis. The resulting model may also provide a useful methodological foundation for evaluating ecosystem vulnerability, predicting productivity responses to environmental change, supporting biodiversity conservation, and developing scientifically informed strategies for sustainable ecosystem management.

Materials and Methods

The methodological framework of the study was developed to comprehensively assess ecosystem biological productivity through the integrated analysis of climatic conditions, soil properties, and biodiversity characteristics. The study was based on the ecological assumption that biological productivity is not controlled by a single environmental factor but is formed through the simultaneous and interacting effects of abiotic and biotic components of ecosystems. Therefore, climatic parameters, physicochemical properties of soils, species diversity, community structure, and vegetation characteristics were considered as interconnected explanatory variables, while ecosystem biological productivity was used as the principal response variable.

The study was conducted in representative ecosystems characterized by differences in climatic conditions, soil properties, vegetation composition, biodiversity, and degree of anthropogenic influence. Sampling sites were selected using a stratified approach in order to adequately represent the existing environmental heterogeneity. The selection of sampling locations took into consideration ecosystem type, vegetation structure, soil characteristics, land-use pattern, and visible signs of anthropogenic disturbance. Geographic coordinates of the sampling sites were recorded using a Global Positioning System (GPS), while additional information concerning vegetation characteristics, dominant species, land-use conditions, and general ecological conditions was documented during field observations.

Field investigations were conducted during the active vegetation period when biological productivity and vegetation development were most pronounced. At each selected site, representative sampling plots were established, and vegetation characteristics were recorded using standardized ecological procedures. Several observations or subsamples were obtained within each sampling plot to reduce the influence of small-scale spatial variability. Where necessary, composite samples were prepared from several subsamples collected within the same ecological unit. This

approach allowed the obtained data to more accurately represent the environmental conditions of each study site.

Ecosystem biological productivity was considered the principal dependent variable of the study. Depending on ecosystem characteristics and available data, biological productivity was evaluated through aboveground biomass accumulation, biomass production, vegetation growth dynamics, and productivity-related remote sensing indicators. For field-based assessment, representative vegetation samples were collected from standardized plots, separated according to their structural components, weighed, and subsequently dried to constant mass under controlled laboratory conditions. Dry biomass was expressed per unit area. Where repeated observations were available, productivity was estimated from the change in biomass between consecutive sampling periods according to the general relationship P=(B2−B1)/ΔtP=(B_2-B_1)/\Delta t, where PP represents biological productivity, B1B_1 and B2B_2 represent biomass values measured at two different periods, and Δt\Delta t represents the time interval between measurements.

Climatic data were incorporated into the analysis to characterize the thermal and hydrological conditions affecting ecosystem productivity. The principal climatic variables included mean annual and seasonal temperature, maximum and minimum temperature, annual and seasonal precipitation, relative humidity, solar radiation, potential evapotranspiration, growing-season duration, and indicators of drought and climatic anomalies. Meteorological observations and, where appropriate, spatially interpolated or gridded climatic datasets were associated with the corresponding sampling locations. Monthly climatic observations were aggregated into seasonal and annual indicators to allow comparison with productivity measurements. Particular attention was given to the relationship between temperature and water availability because the effect of increasing temperature on ecosystem productivity may vary considerably depending on the availability of soil moisture. Climatic water balance was therefore considered as an additional indicator and was estimated from the difference between precipitation and potential evapotranspiration.

Soil properties were analyzed as an essential component of the productivity-regulating system. Soil samples were collected from the biologically active upper soil layer at representative points within each sampling plot. Samples were carefully labeled, transported to the laboratory, and prepared for physicochemical and biological analyses. Coarse plant residues, stones, and other extraneous materials were removed before analysis. The principal physicochemical parameters investigated included soil pH, moisture content, organic matter, total organic carbon, total nitrogen, available phosphorus, available potassium, electrical conductivity, salinity, soil texture, bulk density, and, where appropriate, carbonate content. These parameters were selected because they directly or indirectly influence root development, nutrient availability, water retention, microbial activity, and consequently plant biomass production.

Soil moisture was determined based on the difference between fresh and dry soil mass. Soil pH was measured using a calibrated pH meter under standardized laboratory conditions. Organic matter and nutrient concentrations were determined using appropriate analytical procedures. Soil texture was assessed according to standard

particle-size classification methods. The obtained physicochemical characteristics were subsequently integrated into the statistical model in order to determine the extent to which soil fertility, moisture regime, acidity, salinity, and other edaphic properties contributed to differences in ecosystem productivity.

The biological properties of soils were also considered because soil microorganisms play an important role in decomposition, nutrient mineralization, and the maintenance of ecosystem functioning. Where microbial and fungal characteristics were assessed, soil samples were subjected to microbiological analysis using appropriate culture-based techniques. Serial dilution methods were applied for the quantitative estimation of cultivable microorganisms, and suitable nutrient media were used for microbial and micromycete cultivation. The abundance of cultivable microorganisms was expressed as colony-forming units per gram of soil (CFU/g). Representative fungal colonies were identified using morphological characteristics and, where available, additional taxonomic approaches. The resulting microbial characteristics were incorporated into the analysis as indicators of soil biological activity and nutrient-cycling potential.

Biodiversity was assessed through field-based inventories of plant communities and, where appropriate, other biological groups. All identifiable species within the selected sampling plots were recorded, and their abundance, frequency, or relative cover was determined using standardized ecological assessment procedures. Species richness was calculated as the total number of species recorded within each sampling unit. In addition to species richness, several diversity indices were calculated to characterize the structure and complexity of biological communities. The Shannon–Wiener diversity index was calculated according to the equation $H' = -\sum p_i \ln p_i$, where p_i represents the relative abundance of the i-th species. Simpson's diversity or dominance index was used to evaluate the degree of dominance within communities, while Pielou's evenness index was calculated to characterize the distribution of individuals among species. These indicators enabled biodiversity to be incorporated into the productivity model not merely as species number but as a multidimensional characteristic of community structure.

Where sufficient ecological trait information was available, functional characteristics of vegetation communities were also considered. Functional traits such as plant growth form, plant height, specific leaf area, rooting characteristics, leaf nutrient characteristics, and phenological properties were used to characterize differences in ecological strategies among species. Functional diversity was considered particularly important because species richness alone may not adequately describe the ecological mechanisms responsible for productivity. Species possessing complementary functional characteristics may utilize light, water, and nutrients more efficiently, thereby potentially increasing ecosystem productivity and stability.

All collected datasets were subjected to preliminary quality control before statistical analysis. Data were examined for missing values, measurement errors, extreme observations, and inconsistencies. Variables characterized by substantially different measurement scales were standardized using z-score transformation. The distribution of continuous variables was assessed using descriptive statistics and

graphical methods. When necessary, appropriate mathematical transformations were applied to improve distributional characteristics and reduce the influence of extreme values. Correlation analysis was subsequently conducted to identify relationships among climatic, soil, biodiversity, and productivity variables. Multicollinearity among explanatory variables was evaluated using correlation coefficients and the Variance Inflation Factor (VIF). Highly correlated variables were carefully evaluated and, where necessary, excluded or combined in order to avoid instability in the predictive models.

Statistical analysis was performed to determine the relationships between ecosystem biological productivity and environmental variables. Pearson correlation analysis was used for normally distributed continuous variables, whereas Spearman rank correlation was applied when distributional assumptions were not satisfied. Multiple regression analysis was subsequently employed to estimate the contribution of climate, soil, and biodiversity factors to ecosystem productivity. The general structure of the regression model was expressed as $P=\beta0+\beta1C+\beta2S+\beta3B+\varepsilonP=\beta_0+\beta_1C+\beta_2S+\beta_3B+\varepsilon$, where PP represents ecosystem productivity, CC represents climatic variables, SS represents soil characteristics, BB represents biodiversity indicators, $\beta0\beta_0$ represents the intercept, $\beta1-\beta3\beta_1-\beta_3$ represent estimated coefficients, and $\varepsilon\varepsilon$ represents the residual component.

Because ecosystem responses to environmental factors are frequently nonlinear, the analysis also considered interaction effects and potential threshold relationships. Interaction terms between climate and soil, climate and biodiversity, and soil and biodiversity were incorporated into the statistical models. A three-way interaction among climate, soil, and biodiversity was also considered where the available dataset permitted reliable estimation. This approach made it possible to determine whether the influence of one environmental factor changed depending on the conditions created by other ecological components. For example, the productivity response to increasing temperature may differ between ecosystems with high and low soil moisture, while the response to climatic stress may also depend on the diversity and functional composition of vegetation communities.

An integrated predictive modeling framework was subsequently developed to estimate ecosystem biological productivity from the combined environmental dataset. Both conventional statistical and machine-learning approaches were considered. Multiple linear regression was used as a baseline model, while nonlinear approaches such as Random Forest, Gradient Boosting, and XGBoost were considered for identifying complex relationships and interactions among predictors. The selection of the final model was based on predictive accuracy, ecological interpretability, model stability, and the ability to represent nonlinear responses.

For machine-learning analysis, the dataset was divided into training and testing subsets. The training dataset was used for model construction, while the independent testing subset was used to evaluate predictive performance. Cross-validation procedures were applied to reduce the probability of overfitting and to assess model stability. Hyperparameters were optimized where necessary according to the characteristics of the dataset and the selected algorithm. Variable importance analysis

was performed to determine the relative contribution of individual climatic, soil, and biodiversity variables to predicted ecosystem productivity.

Model performance was evaluated using the coefficient of determination (R2R^2), Root Mean Square Error (RMSE), and Mean Absolute Error (MAE). The R2R^2 statistic was used to estimate the proportion of variation in observed productivity explained by the model, whereas RMSE and MAE were used to quantify the magnitude of prediction errors. Higher R2R^2 values and lower RMSE and MAE values were considered indicative of better predictive performance. Model residuals were also examined to determine whether systematic deviations occurred between observed and predicted productivity values.

To further investigate the ecological mechanisms underlying model predictions, the relative importance of the three principal factor groups was evaluated. Climatic variables, including temperature, precipitation, solar radiation, evapotranspiration, humidity, and drought indicators, were considered as one factor group. Soil-related variables included pH, moisture, organic matter, carbon, nitrogen, phosphorus, potassium, salinity, texture, and selected microbial characteristics. Biodiversity-related variables included species richness, Shannon diversity, Simpson index, evenness, and functional diversity. The contribution of each group was compared to determine whether productivity was predominantly regulated by climatic limitations, edaphic conditions, biological diversity, or interactions among these factors.

Spatial analysis was conducted where sufficient geographic data were available. Sampling coordinates were integrated with environmental observations within a geographic information system. Spatial patterns of productivity, climatic conditions, soil characteristics, and biodiversity were visualized and compared. Where the density of observations permitted, spatial interpolation procedures were applied to estimate the distribution of productivity and environmental variables between sampling locations. Spatial autocorrelation was evaluated where appropriate in order to determine whether geographically close sampling sites exhibited similar productivity values and whether spatial dependence could influence statistical relationships.

Remote sensing information was also considered as a complementary source of productivity-related data. Satellite-derived vegetation indices, particularly the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI), were used where appropriate to characterize vegetation vigor and spatial variability in photosynthetic activity. NDVI was calculated using the relationship NDVI=(NIR−Red)/(NIR+Red)NDVI=(NIR-Red)/(NIR+Red), where NIR represents near-infrared reflectance and Red represents red-band reflectance. Remote sensing observations were spatially matched with field sampling locations and environmental variables, allowing field measurements to be linked with landscape-scale patterns of vegetation productivity.

The analyses were performed using statistical, ecological, and computational software appropriate for the respective analytical tasks. Microsoft Excel was used for preliminary data organization and quality control, while statistical analyses were performed using R and/or SPSS. Ecological diversity indices and multivariate analyses were calculated using appropriate ecological statistical software. GIS-based processing

was used for spatial analysis, while machine-learning procedures were implemented using suitable computational libraries. Statistical significance was evaluated at the conventional threshold of $p<0.05p<0.05$, while model validation and ecological interpretation were based on multiple performance indicators rather than statistical significance alone.

Overall, the methodological framework combined field observations, laboratory soil analyses, biodiversity assessment, climatic data, spatial information, statistical analysis, and predictive modeling into a unified analytical system. This integrated approach enabled ecosystem biological productivity to be evaluated as the result of interacting climatic, edaphic, and biological processes rather than as a response to isolated environmental variables. The methodology was therefore designed not only to identify the principal factors controlling productivity but also to quantify their relative importance, reveal nonlinear and interactive relationships, and provide a predictive basis for assessing ecosystem responses to environmental variability and future ecological change.

Results and Discussion

The results of the integrated analysis demonstrated that ecosystem biological productivity is determined by the simultaneous influence of climatic conditions, soil properties, and biodiversity characteristics rather than by any single environmental factor. The analysis revealed substantial spatial and temporal variation in productivity among the investigated ecosystems, reflecting differences in temperature regime, precipitation availability, soil fertility, moisture conditions, vegetation structure, and biological diversity. The observed relationships indicate that ecosystem productivity represents an emergent ecological property resulting from the interaction of abiotic resource availability and the structural and functional characteristics of biological communities.

Among the climatic variables examined, temperature and precipitation demonstrated the strongest associations with biological productivity. Productivity generally increased under favorable temperature and moisture conditions, whereas periods characterized by elevated thermal stress and insufficient precipitation were associated with reduced biological activity. This relationship can be explained by the fundamental role of temperature in regulating photosynthesis, respiration, enzymatic activity, and nutrient transformation. However, the effect of temperature was not uniform across ecosystems. Under conditions of adequate water availability, moderate increases in temperature may stimulate biological activity and extend the period of vegetation development, whereas under water-limited conditions, elevated temperature can increase evapotranspiration and intensify physiological stress. Thus, temperature should not be interpreted independently from precipitation and soil moisture.

The analysis further indicated that precipitation had a particularly pronounced effect in ecosystems where water availability represented the principal limiting factor. Increased precipitation generally promoted vegetation development and biomass accumulation when soil water storage was sufficient to support plant growth. Nevertheless, the relationship was not necessarily linear. Excessive precipitation may reduce productivity in poorly drained soils through waterlogging, oxygen limitation in

the root zone, nutrient leaching, and changes in microbial processes. These findings indicate that ecosystem productivity is more closely related to effective water availability than to precipitation alone. Consequently, the combined consideration of precipitation, evapotranspiration, and soil moisture provides a more ecologically meaningful explanation of productivity variation.

The interaction between climatic variables was particularly important in explaining ecosystem responses. The productivity response to temperature varied depending on precipitation and moisture availability, suggesting the existence of climate-dependent thresholds. Ecosystems with adequate water resources were generally more capable of maintaining productivity under increased thermal conditions, whereas ecosystems exposed to simultaneous heat and water stress exhibited stronger reductions in productivity. This finding is consistent with recent evidence showing that the effects of biodiversity and other ecological drivers can vary substantially according to climatic stress and aridity[4].

Soil characteristics represented another major group of factors influencing biological productivity. Soil organic matter, moisture, nutrient availability, pH, and salinity contributed substantially to differences in productivity among sampling sites. Ecosystems characterized by greater organic matter content and favorable nutrient availability generally demonstrated greater vegetation development and biomass accumulation. Organic matter plays a central role in maintaining soil structure, retaining water, storing nutrients, and providing substrates for microbial activity. Therefore, the positive relationship between soil organic matter and productivity can be interpreted as the result of several simultaneous mechanisms rather than a simple direct effect.

Soil moisture also emerged as an important determinant of productivity. The relationship between soil moisture and biological productivity was generally positive within the lower and intermediate ranges of soil water availability, but the response tended to weaken when moisture approached conditions of either severe water limitation or excessive saturation. This pattern suggests a nonlinear relationship in which productivity reaches a relatively favorable range of soil moisture and subsequently declines when water becomes either insufficient or excessive. Such nonlinear behavior emphasizes the importance of incorporating soil hydrological characteristics into predictive ecosystem models.

Soil nutrient availability further influenced productivity through its effects on plant growth and microbial processes. Nitrogen and phosphorus were particularly relevant because their availability directly influences photosynthetic capacity, protein synthesis, root development, and biomass production. However, nutrient effects were strongly dependent on water availability and climatic conditions. Nutrient-rich soils did not necessarily maintain high productivity under severe drought, indicating that the availability of nutrients cannot compensate indefinitely for water limitation. This finding supports the concept that ecosystem productivity is regulated by interacting limiting factors rather than by a single dominant resource.

The biological characteristics of the investigated communities also demonstrated a significant relationship with ecosystem productivity. Ecosystems with greater species

richness and higher Shannon–Wiener diversity generally exhibited greater productivity than communities characterized by low species richness and strong dominance by a limited number of species. This relationship may be explained by complementary resource use, niche differentiation, facilitation, and more efficient exploitation of available environmental resources. The broader biodiversity–ecosystem functioning literature has consistently identified species diversity as an important determinant of ecosystem productivity, stability, and nutrient dynamics.

The observed association between biodiversity and productivity should nevertheless not be interpreted as a simple linear relationship. Species richness provides information about the number of species present but does not fully characterize their ecological roles. Communities containing species with complementary functional traits may utilize light, water, nutrients, and physical space more efficiently than communities with a similar number of species possessing highly overlapping ecological characteristics. Therefore, functional diversity and community composition may provide additional explanatory power beyond conventional species richness indices.

The results also suggest that biodiversity may contribute to productivity indirectly by modifying ecosystem processes. Diverse plant communities can influence litter quality, root distribution, soil organic matter inputs, microbial activity, and nutrient cycling. These processes can subsequently alter the availability of resources required for plant growth. Recent research emphasizes that soil biodiversity supports nutrient cycling, organic matter decomposition, plant productivity, and multiple ecosystem functions, reinforcing the importance of incorporating belowground biological processes into ecosystem productivity assessments.

The interaction between aboveground biodiversity and soil properties was particularly important from an ecological perspective. Ecosystems with relatively high biodiversity and favorable soil conditions demonstrated a greater potential for maintaining productivity than ecosystems characterized by both low biodiversity and degraded soil conditions. This pattern suggests that biodiversity may enhance the efficiency with which available soil resources are converted into biomass. At the same time, soil conditions can influence the ability of diverse communities to express their productivity potential. Consequently, biodiversity and soil fertility should be regarded as mutually interacting components rather than independent determinants.

The analysis of climate–biodiversity interactions provided additional evidence of the complexity of ecosystem productivity regulation. Biodiverse communities may exhibit greater resistance to environmental fluctuations because different species respond differently to climatic stress. When environmental conditions become unfavorable for one species, other species with different ecological tolerances may continue to grow and contribute to overall ecosystem productivity. This mechanism can reduce temporal variability in ecosystem functioning and contribute to greater ecosystem stability. However, the magnitude of this buffering effect is expected to vary according to ecosystem type, climatic severity, species composition, and functional diversity.

The combined influence of climate and soil was also evident in the productivity patterns. Climatic conditions affected soil moisture and decomposition processes, while soil properties modified the extent to which climatic variability translated into biological stress. For example, soils with greater organic matter and water-holding capacity may buffer vegetation against short-term precipitation deficits by retaining available water for longer periods. Conversely, compacted, saline, or nutrient-poor soils may amplify the negative effects of drought and elevated temperature. This interaction demonstrates why climate-based productivity models may produce incomplete predictions if edaphic conditions are not explicitly incorporated.

The integrated statistical models further indicated that models containing climate, soil, and biodiversity variables simultaneously provided a more comprehensive explanation of productivity variation than models based on a single factor group. This result highlights the limitations of univariate approaches for ecosystem analysis. Although climatic variables may explain a considerable proportion of temporal productivity variation, soil and biodiversity variables provide important information concerning spatial differences in ecosystem functioning. The integration of all three factor groups therefore improves the ecological interpretability of productivity predictions.

The nonlinear modeling approaches provided additional evidence that several environmental variables exerted threshold-dependent effects on productivity. The productivity response to temperature, precipitation, and soil moisture changed across environmental gradients, indicating that the same increase in an environmental variable may have different consequences under different baseline conditions. Such nonlinearities are especially important under climate change because future environmental conditions may move ecosystems beyond their historical ranges. Models capable of representing nonlinear relationships can therefore provide more realistic projections than conventional linear approaches.

The importance of interaction effects was further demonstrated by the three-way relationship among climate, soil, and biodiversity. Ecosystems characterized by favorable climatic conditions, relatively fertile soils, and high biological diversity exhibited the greatest potential for biological productivity. In contrast, the simultaneous occurrence of climatic stress, soil degradation, and biodiversity loss was associated with a substantial reduction in productivity potential. This pattern suggests that environmental pressures may accumulate and reinforce one another rather than simply produce independent additive effects.

Such cumulative effects have important implications for ecosystem management. Climate stress may weaken plant communities, soil degradation may reduce their access to water and nutrients, and biodiversity loss may decrease the capacity of communities to compensate for environmental fluctuations. The simultaneous occurrence of these pressures can therefore generate disproportionately large reductions in ecosystem functioning. Recent research on soil biodiversity and global environmental change similarly emphasizes that soil communities are exposed to multiple interacting stressors, including climate change, land-use change, moisture extremes, and pollution.

The results of the predictive modeling indicated that machine-learning approaches were particularly useful for describing complex ecological relationships. Ensemble models such as Random Forest and gradient-boosting approaches can account for nonlinear responses and interactions that may not be adequately represented by traditional linear regression. The importance rankings generated by these models provide an additional means of identifying the environmental variables that contribute most strongly to predicted productivity. Nevertheless, model accuracy alone should not determine the preferred ecological model. Interpretability, biological plausibility, data quality, and transferability to different ecosystems should also be considered.

The relationship between biodiversity and productivity identified in the present analysis is consistent with the broader biodiversity–ecosystem functioning framework, but it also demonstrates why biodiversity should not be treated simply as an independent predictor. Species composition, functional traits, resource availability, and environmental stress jointly determine the strength and direction of biodiversity effects. Earlier experimental and synthesis studies have demonstrated that species diversity can enhance productivity through complementary resource use and other mechanisms, while more recent research emphasizes the importance of functional composition and environmental context.

The findings also have implications for carbon dynamics. Because biological productivity determines the amount of carbon assimilated into plant biomass, changes in productivity can influence carbon inputs to soils and the broader carbon cycle. However, high primary productivity does not automatically imply proportionally greater long-term carbon storage because carbon losses through respiration and decomposition must also be considered. Therefore, productivity should be interpreted as one component of ecosystem carbon dynamics rather than as a direct equivalent of carbon sequestration.

The role of soil biological processes is particularly important in this context. Soil organisms regulate decomposition, nutrient transformation, carbon cycling, and interactions between plants and their belowground environment. Consequently, changes in soil biodiversity may alter the efficiency of nutrient transfer to plants and modify ecosystem productivity. The incorporation of soil biological indicators into future productivity models may therefore improve the ability to explain differences that cannot be attributed solely to soil chemistry or climate.

From a methodological perspective, the results demonstrate the value of combining field measurements with statistical and computational modeling. Field-based productivity estimates provide direct information about ecosystem functioning, while climatic datasets, soil analyses, biodiversity indices, and remote sensing observations allow environmental drivers to be assessed across broader spatial and temporal scales. The integration of these information sources provides a more complete representation of ecosystem dynamics and increases the potential for developing spatially explicit productivity models.

The findings have particular significance for ecosystems exposed to increasing anthropogenic pressure. Urbanization, agricultural intensification, soil degradation, habitat fragmentation, pollution, and climate variability can simultaneously modify

climatic conditions at local scales, soil characteristics, and biological diversity. Under such circumstances, the identification of interacting environmental constraints becomes essential for determining ecosystem vulnerability. An ecosystem may remain relatively productive despite a single environmental stressor, whereas the simultaneous occurrence of several stressors may exceed its ecological resistance capacity.

The integrated model developed within the framework of this study can therefore be considered not only a predictive tool but also a potential instrument for ecological assessment. Areas characterized by declining productivity, low biodiversity, poor soil quality, and increasing climatic stress can be identified as priority areas for ecological restoration and conservation. Conversely, ecosystems that maintain relatively stable productivity under environmental variability may provide valuable examples of ecological resilience and can serve as reference systems for sustainable management.

Overall, the results demonstrate that ecosystem biological productivity is best explained through an integrated climate–soil–biodiversity framework. Climate determines the availability of energy and water, soil regulates nutrient availability and the physical environment for roots and microorganisms, while biodiversity determines the efficiency, complementarity, and resilience of biological communities. These components interact continuously, creating complex ecological feedbacks that cannot be adequately represented by isolated-factor models.

The principal implication of the findings is therefore that ecosystem productivity assessment should move from a predominantly single-factor perspective toward a multidimensional and predictive framework. The incorporation of climatic variability, soil quality, biodiversity, and their interactions provides a stronger basis for understanding ecosystem functioning under environmental change. Such an approach can improve ecological forecasting, support the identification of productivity-limiting factors, and contribute to the development of ecosystem-specific conservation and restoration strategies.

In conclusion, the results indicate that the combined influence of climate, soil, and biodiversity provides a substantially more comprehensive explanation of ecosystem biological productivity than any individual factor considered separately. The strength and direction of these effects vary according to environmental context, with water availability, soil quality, species diversity, and climatic stress interacting to determine ecosystem productivity. The findings support the use of integrated nonlinear modeling approaches for ecosystem assessment and demonstrate the potential of climate–soil–biodiversity models as practical tools for predicting ecosystem responses to future environmental change.

Conclusion

The findings of this study demonstrate that ecosystem biological productivity is a complex ecological characteristic regulated by the simultaneous and interacting effects of climatic conditions, soil properties, and biodiversity. The integrated analysis confirms that productivity cannot be adequately explained by considering individual environmental factors independently, because the effects of climate, soil, and biological diversity are strongly interconnected and may vary according to ecosystem type, environmental conditions, and the intensity of ecological stress.

Climatic conditions were identified as fundamental determinants of ecosystem productivity, particularly through their influence on temperature and water availability. Temperature, precipitation, evapotranspiration, and soil moisture jointly regulate photosynthetic activity, plant growth, respiration, and nutrient cycling. The results indicate that favorable climatic conditions generally promote biological productivity, whereas the simultaneous occurrence of elevated temperature and insufficient water availability may substantially reduce ecosystem functioning. This finding highlights the importance of considering climatic interactions and threshold effects rather than assuming simple linear relationships between climate variables and productivity.

Soil properties were also shown to play a critical role in determining productivity. Soil organic matter, moisture, nutrient availability, pH, salinity, and biological activity influence the capacity of ecosystems to retain water and nutrients and to support plant growth. In particular, soils with favorable physicochemical and biological characteristics provide more suitable conditions for biomass accumulation and vegetation development. The results further indicate that soil conditions can either mitigate or intensify the effects of climatic stress, demonstrating the importance of incorporating edaphic variables into ecosystem productivity models.

Biodiversity represents a further essential component of ecosystem productivity. Higher species diversity, greater community evenness, and functional complementarity can contribute to more efficient resource utilization and greater stability of ecosystem functioning. The findings suggest that biodiversity influences productivity not only through the number of species present but also through differences in species composition, ecological strategies, and functional characteristics. Diverse communities may therefore possess greater capacity to maintain biological production under variable environmental conditions because different species exhibit different responses to climatic and edaphic stress.

An important conclusion of the study is that the strongest effects on ecosystem productivity may emerge from interactions among environmental factors. Climate, soil, and biodiversity should therefore be regarded as components of a connected ecological system rather than independent predictors. Favorable soil conditions may reduce the negative effects of climatic variability, while high biodiversity may increase the capacity of ecosystems to utilize available resources and compensate for environmental disturbances. Conversely, the simultaneous occurrence of climatic stress, soil degradation, and biodiversity loss may result in a substantially greater decline in productivity than would be expected from the individual effects of these pressures.

The integrated modeling approach provides an effective framework for identifying the principal drivers of ecosystem productivity and evaluating their relative importance. The incorporation of nonlinear relationships and interaction effects allows the model to better represent the complexity of real ecological systems. Compared with models based exclusively on climatic or soil variables, the combined climate–soil–biodiversity framework provides a more comprehensive basis for explaining spatial and temporal variation in ecosystem productivity.

The results also demonstrate the importance of biodiversity conservation and soil protection for maintaining ecosystem productivity under changing climatic conditions.

Sustainable management strategies should not focus exclusively on increasing resource availability but should simultaneously preserve biological diversity, maintain soil quality, and reduce environmental pressures. Maintaining diverse plant communities, preventing soil degradation, improving soil organic matter, reducing excessive disturbance, and conserving natural habitats can contribute to the long-term stability and productivity of ecosystems.

From a practical perspective, the developed conceptual framework can be applied to ecological monitoring, ecosystem vulnerability assessment, environmental planning, and restoration programs. Integrating field observations with climatic datasets, soil analyses, biodiversity indicators, remote sensing information, and predictive modeling can facilitate the identification of ecosystems at risk of productivity decline. Such an approach may also support the development of early-warning systems for detecting ecological degradation and identifying areas requiring conservation or restoration measures.

The study further emphasizes the potential of predictive modeling for assessing future ecosystem responses to environmental change. As climate variability, land-use transformation, soil degradation, and biodiversity loss continue to influence ecosystem functioning, models incorporating multiple interacting drivers are increasingly necessary. Future projections based on integrated climate–soil–biodiversity models may help identify potential productivity changes under alternative climatic and land-management scenarios and provide a scientific basis for adaptive ecosystem management.

Nevertheless, ecosystem productivity is influenced by numerous additional processes that were not fully represented in the present framework. Future studies should therefore consider incorporating additional variables, including atmospheric carbon dioxide concentration, extreme climatic events, land-use intensity, pollution, vegetation phenology, belowground biomass, microbial functional diversity, and trophic interactions. Long-term monitoring datasets would also improve the capacity to distinguish short-term environmental fluctuations from persistent ecosystem changes.

Overall, the study demonstrates that ecosystem biological productivity is an emergent property resulting from the interaction of climate, soil, and biodiversity. None of these factors should be considered independently when evaluating ecosystem functioning under environmental change. The combined assessment of climatic conditions, soil quality, and biological diversity provides a scientifically stronger and ecologically more realistic approach to productivity modeling.

In conclusion, an integrated climate–soil–biodiversity modeling framework can significantly improve the understanding, prediction, and assessment of ecosystem biological productivity. Such an approach contributes to the development of more accurate ecological forecasting methods and provides a valuable scientific foundation for biodiversity conservation, soil management, ecosystem restoration, and sustainable environmental planning in the context of ongoing global environmental change.

References

1. Anthony, M. A., Bender, S. F., & van der Heijden, M. G. A. (2023). Enumerating soil biodiversity. Proceedings of the National Academy of Sciences, 120, e2304663120.

2. Chen, C., Xiao, W., & Chen, H. Y. H. (2025). Meta-analysis reveals global variations in plant diversity effects on productivity. Nature, 638, 435–440.
3. Dee, L. E., Ferraro, P. J., Severen, C. N., Kimmel, K. A., Borer, E. T., Byrnes, J. E. K., Clark, A. T., & Hautier, Y. (2023). Clarifying the effect of biodiversity on productivity in natural ecosystems with longitudinal data and methods for causal inference. Nature Communications, 14.
4. Feng, J., Liu, Y.-R., Eldridge, D., Huang, Q., Tan, W., et al. (2024). Geologically younger ecosystems are more dependent on soil biodiversity for supporting function. Nature Communications, 15, 4141.

SECTION: ECONOMY

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРТНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ З ПИТАННЯ ДОКУМЕНТАЛЬНОГО ПІДТВЕРДЖЕННЯ СУМИ БЮДЖЕТНОГО ВІДШКОДУВАННЯ ПОДАТКУ НА ДОДАНУ ВАРТІСТЬ

Маніна Олена
завідувач відділу економічних досліджень
Харківського науково-дослідного
експертно-криміналістичного центру
Міністерства внутрішніх справ України

Одним із завдань, яке виноситься на вирішення судової економічної експертизи є дослідження стосовно підтвердження/спростування, заявленої/отриманої юридичною чи фізичною особою, суми бюджетного відшкодування з податку на додану вартість.

Слід зазначити, що відшкодування з бюджету податку на додану вартість потребує значних коштів. Зокрема, протягом 2025 року платникам податків із державного бюджету України було відшкодовано 179,6 мільярда гривень податку на додану вартість.

Бюджетне відшкодування податку на додану вартість полягає у поверненні (компенсуванні) державою, зареєстрованому платникові податку на додану вартість (далі - ПДВ), суми сплаченого цього податку у вартості придбаних товарів, робіт, послуг, за умови якщо податковий кредит перевищує податкові зобов'язання.

Відповідно до пп. 14.1.18 п. 14.1 ст. 14 Податкового кодексу України (далі – ПКУ) [1] бюджетне відшкодування – це відшкодування від'ємного значення ПДВ на підставі підтвердження правомірності сум бюджетного відшкодування ПДВ за результатами перевірки платника, у тому числі автоматичне бюджетне відшкодування у порядку та за критеріями, визначеними у розділі V ПКУ [1].

Відшкодування ПДВ із держбюджету здійснюється за процедурою, установленою ст. 200 ПКУ) [1]. Згідно з п.200.1 ПКУ [1] сума податку, що підлягає бюджетному відшкодуванню визначається як різниця між сумою податкового зобов'язання звітного (податкового) періоду та сумою податкового кредиту такого звітного (податкового) періоду.

У загальному випадку датою віднесення сум ПДВ до складу податкового кредиту вважається дата події, яка відбулася раніше (п. 198.2 ПКУ) [1]: або списання коштів із банківського рахунка платника податків на оплату товарів/послуг; або отримання платником податків товарів/послуг. Однак, для включення вхідного ПДВ до складу податкового кредиту треба обов'язково мати податкову накладну, зареєстровану в ЄРПН. Сума ПДВ із несвоєчасно зареєстрованої податкової накладної може бути заявлена до відшкодування

починаючи з періоду, у якому в платника податків виникло право на відображення податкового кредиту за такою податковою накладною.

Для права на бюджетне відшкодування ПДВ необхідне виконання трьох умов, крім «мінусу» у декларації (пп. «б» п. 200.4 ПКУ) [1], а саме:

- сума ПДВ по податковому кредиту має бути до цього уже сплаченою постачальникам, тобто податковий кредит виник по тим операціям і у тій сумі, коли відбувалася оплата товарів, робіт, послуг постачальникам, при чому грошима;

- водночас, сума відшкодування не може перевищувати ліміт реєстрації податкових накладних, а якщо «мінус» вийшов більший, то необхідно на бюджетне відшкодування обмежитися лімітом, а решту перенести на наступний період. Право на відшкодування при цьому нікуди не діваєтся;

- якщо ПДВ був сплачений, борг відсутній, а ліміт реєстрації був дотриманий, то у платника податків є право на його повернення.

Одне із запитань, яке ініціатором (слідчим, судом) ставитися на дослідження експерту-економісту: «Чи підтверджуються документально висновки акту державної податкової інспекції (номер, дата) про завищення підприємством (назва) заявленої суми бюджетного відшкодування з податку на додану вартість за період (указується період)?»

Отже, перш за все, об'єктом експертного дослідження є акт ревізії державної податкової інспекції, висновки якого щодо перевірки бухгалтерських та податкових документів про завищення підприємством (назва) заявленої суми бюджетного відшкодування, необхідно підтвердити/спростувати експерту.

При цьому експерт-бухгалтер аналізує операцію, відображену в первинних документах і облікових регістрах, перевіряє її відповідність вимогам бухгалтерського обліку, нормативним документам, проводить арифметичну перевірку. Висновки, які зроблені експертом при дослідженні повинні бути засновані на достовірних облікових даних [3].

Тому, разом з актом ревізії експертами-економістами досліджуються податкові накладні та податкові декларації з ПДВ, щодо визначення відповідності чинному законодавству відображення їх в податковому обліку податкових зобов'язань та податкового кредиту з ПДВ.

При цьому, слід звернути увагу, що відповідно до п.3.2 ст.3, ст.8 Закону України «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні» [2], податковий облік та звітність ґрунтується на даних бухгалтерського обліку. Тому, обов'язковому дослідженню підпадають бухгалтерські документи щодо придбання, оприбуткування та оплати товарів, робіт, послуг, під час придбання, у вартості яких, юридичною чи фізичною особою сплачено ПДВ.

Таким чином, застосування системних підходів та використання методик під час проведення судово-економічної експертизи відносно повернення з бюджету від'ємного значення ПДВ, в частині прозорості фінансових операцій та документів аналітичного і синтетичного бухгалтерського обліку, на підставі якого складається податковий облік операцій, по яких виникає від'ємне значення ПДВ, сприятиме дотриманню принципу повного дослідження та зростанню якості забезпечення правосуддя.

Список використаних джерел

1. Податковий кодекс України від 02.12.2010 № 2755-VI [Електронний ресурс]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text (дата звернення 01.09.2026).
2. Закону України від 16.07.1999р. N 996-XIV «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні» [Електронний ресурс]. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/996-14#Text (дата звернення 01.09.2026).
3. Методи, способи та прийоми, які використовуються при проведенні судово-економічних експертиз, Дніпропетровськ: Дніпропетровський НДІСЕ Міністерства юстиції України, 2003 (реєстраційний код 11.0.08, дата прийняття рішення про державну реєстрацію 03.03.2010). С. 32.

GENERAL AND SPECIAL PRINCIPLES OF CORPORATE CULTURE OF ENTERPRISES

Veremeenko Oleksandr
Ph.D., Doctoral Student
Svitlyi Dmytro
PhD in Economics
Zaporizhzhya National University, Zaporizhzhya, Ukraine

To ensure a high level of competitiveness of enterprises, it is extremely important to adhere to the principles of corporate culture, which are aimed at the socio-economic and intellectual development of employees of business entities; comprehensiveness and consistency of all those who ensure the activities of enterprises (Fig. 1).

It is very important for society that enterprises adhere to the principle of measurability and usefulness of their activities. Also important are the principles of openness and continuous improvement, which allow enterprises to focus on innovative and sustainable development [1-2].

For enterprises, it is important to comply with the principles of coordination and obligation, which are based on ensuring the coordination of the activities of employees of enterprises, as well as control over compliance with the norms and rules of corporate culture.

It is also advisable to take into account the principle of remuneration, which will motivate the staff of the enterprise to highly productive work. We also consider it important and expedient to comply with the principles of compliance of the activities of enterprises with the current legislation.

We believe that enterprises independently determine what principles of corporate culture they will adhere to in their activities, but it is important that this activity is carried out within the framework of the current legislation, in accordance with the current legislative and regulatory legal acts and not contradict them [1- 2].

It is also important for enterprises to implement special principles of corporate culture, namely: freedom of expression; consistency and compliance with goals; clarity

emphasizes management's understanding of the importance of corporate culture; person-centered management; relationships between management and employees; standard compliance.

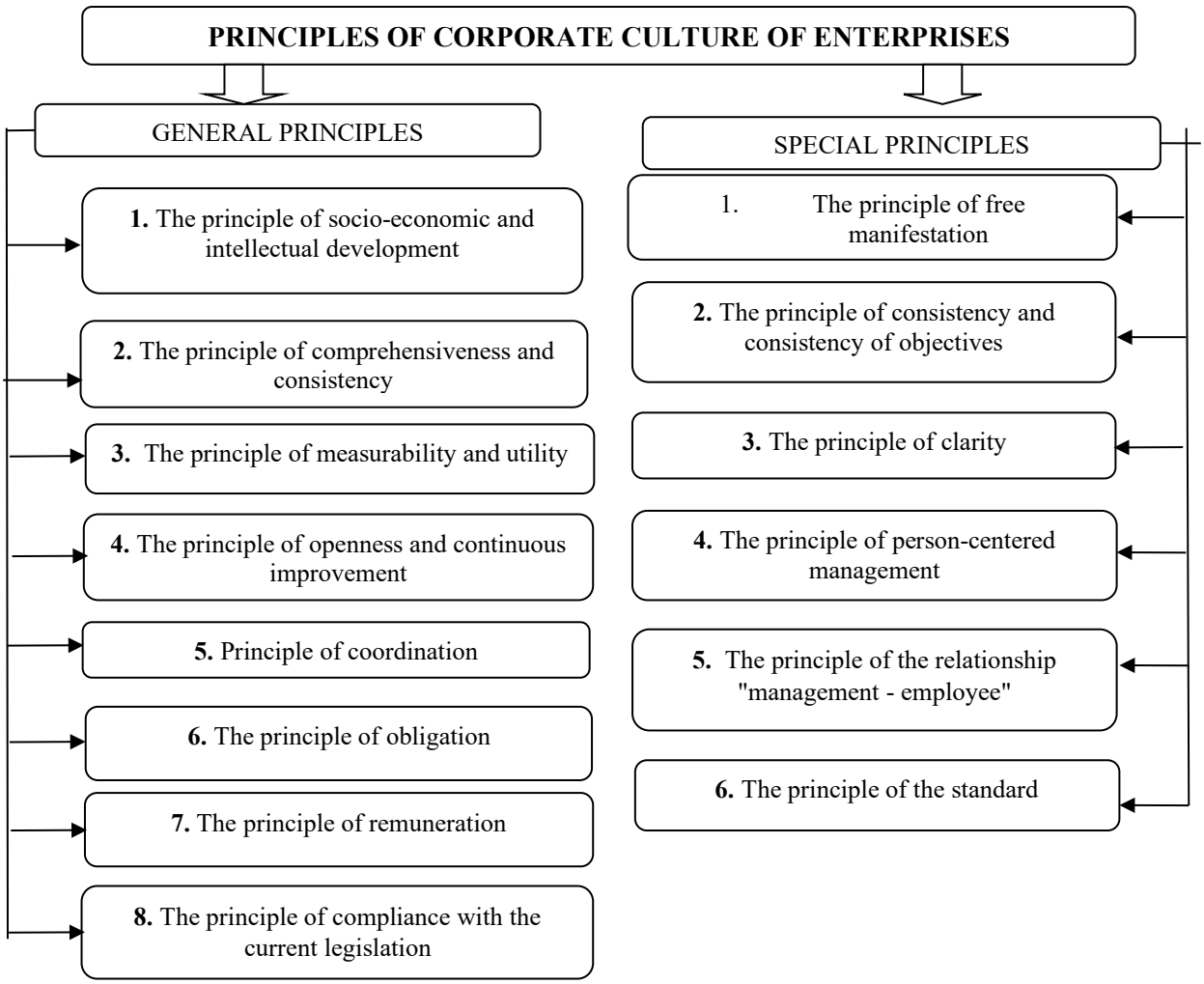


Figure 1 General and special principles of corporate culture of enterprises [3, 4]

Corporate culture should be unobtrusive and adaptive, shaped according to the specifics of the company's activities. Each enterprise defines its mission, strategy and goals, and the corporate culture should support these goals and contribute to their implementation. Managers have the ability to clearly articulate the key requirements for corporate culture and determine what they strive to achieve by applying it. Corporate culture should focus on a person-centered approach to management. The foundation of corporate culture should be honesty, decency, courtesy, fairness, respect and recognition of the authority of management, as well as recognition of the value and individuality of each employee in the process of building relationships.

References

1. Brown, A. (1995), “Organisational Culture”, Journal of Management and Organisation, Volume 1, Issue 1, pp.57.

2. Ouchi W.G., Wilkins A.L. (1985), “Organizational culture”, Annul Review of Sociology, vol.1, pp.457-83.
3. Kilmann H.R., Mary J. Saxton J.M, and Serpa R. (1985), Gaining control of the corporate culture, San Francisco: Jossey-Bass, USA.
4. Eldridge J., Crombie A. A sociology of organization. (1974). London : Allen&Unwin, [Rules for the Citing of Sources]. URL: http:// www.hr-portal.ru/pages/okk/ook.php

АНАЛІЗ ЕТАПІВ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ТА ЇХНЯ СУТЬ І ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ ЕКОНОМІКИ КРАЇНИ

Пітюлич Михайло Михайлович
доктор економічних наук, професор
Державний вищий навчальний заклад
«Ужгородський національний університет»
Графська Орислава Іванівна
д. е. н., професорка
Кафедра економіки та менеджменту
Львівський державний університет фізичної культури
імені Івана Боберського,
м. Львів, Україна
Цільник Олег Ярославович
аспірант
Державний вищий навчальний заклад
«Ужгородський національний університет», Україна

У сучасних умовах глобальної економіки інвестиції виступають одним із найважливіших чинників забезпечення стійкого розвитку національних господарств і окремих підприємств. Вони визначають можливості оновлення основного капіталу, впровадження інновацій, підвищення конкурентоспроможності та адаптації до швидкозмінних ринкових і технологічних викликів.

Інвестиційний процес у сучасній економічній теорії розглядають як сукупність послідовних етапів, спрямованих на реалізацію інвестиційного проєкту – від ініціювання та планування до контролю й завершення. На думку А. Дамодарана, інвестиційний процес визначає кроки створення інвестиційного портфеля і підкреслює послідовність дій: від розуміння ризикових уподобань інвестора через формування та розподіл активів, вибір конкретних інструментів до оцінювання результатів [1]. Тобто, він є функціональною схемою, що охоплює постановку мети, вибір стратегій, реалізацію, моніторинг та завершення, забезпечуючи логічний порядок ухвалення рішень.

Зважаючи на велику кількість можливих класифікацій, більшість дослідників виокремлюють п’ять ключових етапів інвестиційного процесу: ініціювання, планування, формування портфеля, реалізація та завершення.

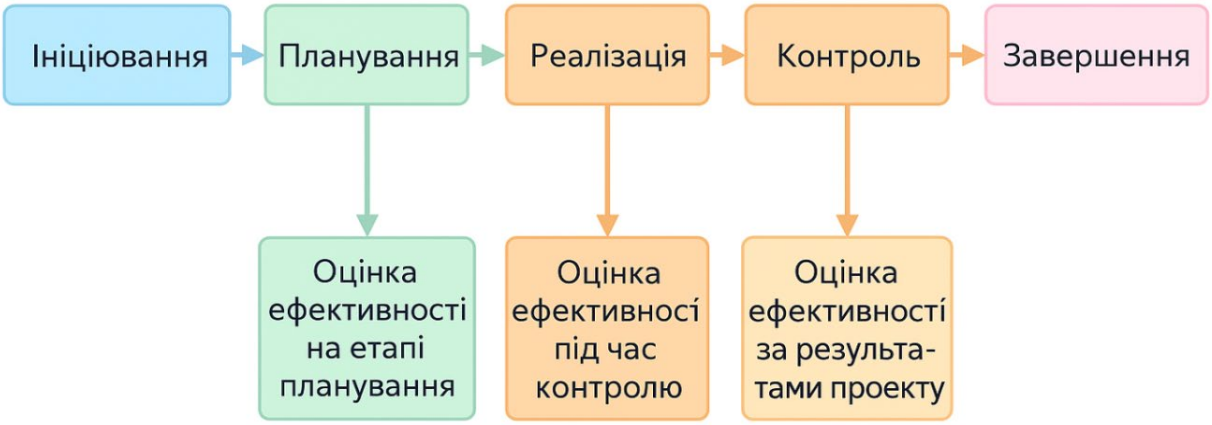


Рис.1. Класифікація основних етапів інвестиційного процесу

Перший етап (ініціювання та постановка цілей) полягає у визначенні стратегічних цілей інвестування, критеріїв успіху, обсягу та тривалості інвестицій, а також – у виявленні головних потреб. А. Дамодаран наголошує, що процес починається з ідентифікації ризикових уподобань інвестора і формування уявлення про бажаний ризик чи дохідність [1]. На цьому етапі підприємство або інвестор формулює місію проєкту, визначає його суть та потенційні результати.

Другий етап включає аналіз фінансових можливостей, оцінку ринку, дослідження макроекономічного середовища, аналіз правових і податкових аспектів, вибір джерел фінансування. У рамках планування визначають форму інвестицій – капітальні вкладення, фінансові інструменти, інноваційні проєкти, інтелектуальні активи. Важливо враховувати потребу в ресурсах, планований термін реалізації і критерії ефективності.

Після планування настає етап структурування портфеля. На цьому рівні розподіляють ресурси між різними видами активів (акціями, облігаціями, нерухомістю, інтелектуальною власністю) або проєктами [1].

Реалізація передбачає укладання контрактів, придбання обладнання, будівництво об’єктів, купівлю фінансових активів. Контроль охоплює систематичне відстеження виконання плану, моніторинг ринкових умов, перегляд стратегії та коригування портфеля.

П’ятий етап включає підсумковий аналіз отриманих результатів, порівняння фактичних показників із запланованими, оцінку рентабельності та ухвалення рішення щодо продовження, реструктуризації чи завершення проєкту.

Інвестиційний процес передбачає взаємодію багатьох суб’єктів. Основними учасниками є інвестори (фізичні особи, компанії, державні органи), які постачають капітал і ухвалюють рішення. Ефективність інвестиційного процесу залежить від скоординованих дій цих учасників, прозорості взаємовідносин і забезпечення прав інвесторів.

Об’єктами інвестування можуть бути матеріальні, фінансові, інтелектуальні та нематеріальні активи. До матеріальних належать будівлі, споруди, обладнання та інші основні фонди. Фінансові активи охоплюють акції, облігації, банківські вклади, деривативи, частки в капіталі компаній. Інтелектуальні активи включають патенти, ліцензії, бренди, комп’ютерні програми, ноу-хау – вони генерують

додану вартість, дозволяючи підприємству створювати унікальні продукти. Нематеріальні активи – це репутація, корпоративна культура, людський капітал, які важко оцінити, але вони сприяють підвищенню конкурентоспроможності [2].

Інвестиційна діяльність підприємства у вітчизняному правовому полі трактується як комплекс практичних дій громадян, юридичних осіб і державних структур, спрямованих на реалізацію інвестицій – капітальних вкладень, фінансових інвестицій, інноваційних проєктів. Закон України «Про інвестиційну діяльність» визначає правові, економічні та соціальні умови для здійснення інвестицій у матеріальні та нематеріальні активи [3]. У міжнародній практиці інвестиційна діяльність тлумачиться ширше – як процес розміщення ресурсів у проєкти задля отримання майбутніх вигод, що включає фінансування, управління, ризик-менеджмент, контроль та звітність [4].

Інвестиції у наукові дослідження, розробки і персонал забезпечують створення нових продуктів та технологій, що підвищують конкурентоспроможність підприємства. Високотехнологічні інвестиції дозволяють швидше впроваджувати цифрові рішення, автоматизацію, штучний інтелект та машинне навчання.

Інвестиційна діяльність також впливає на здатність підприємства виживати під час криз. Дослідження [3] засвідчують, що під час економічних криз зростає роль держави у підтримці інвестиційної активності, а підприємства потребують диверсифікації фінансування та адаптації до змін зовнішнього середовища.

У стратегічній перспективі інвестиційна діяльність є основою довготермінового розвитку. Вона охоплює формування інвестиційної політики, визначення стратегічних пріоритетів, розробку багаторічних програм. Рішення щодо капіталовкладень впливають на структуру портфеля, рівень ризику, прибутковість, економічну стійкість і конкурентні позиції.

Економічна стійкість характеризує здатність підприємства функціонувати за умов зовнішніх і внутрішніх шоків. Інвестиції, на нашу думку, зміцнюють таку стійкість через:

- диверсифікацію доходів;
- підвищення фінансового потенціалу;
- формування інноваційного потенціалу;
- створення резервів та страхових механізмів.

Отже, інвестиційний процес та інвестиційна діяльність підприємства є невід’ємними складовими економічного розвитку, що забезпечують модернізацію виробництва, впровадження інновацій і зміцнення конкурентних позицій. Розгляд етапів інвестиційного процесу – від ініціювання і планування до реалізації, контролю та завершення – дає змогу системно оцінити логіку ухвалення інвестиційних рішень та ефективність їх виконання.

Список використаних джерел

1. Атамас О. П. (2023). Інвестиційна діяльність в Україні: реалії сьогодення. Економіка та суспільство, 54. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-42.

2. Damodaran A. (n.d.). The Investment Process. Stern School of Business, New York University. Отримано з URL: https://pages.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/invmgmt/invmgt1.htm.
3. Grabiec O. (2022). Investment Activity of Enterprises in Poland in the years 2019–2021 on the Example of the Śląskie Voivodeship. European Research Studies Journal, 25 (3), 179-189.
4. Закон України «Про інвестиційну діяльність» від 18 вересня 1991 р. № 1560-XII. URL: https://kodeksy.com.ua/pro_investitsijnu_diyal_nist.htm

PRINCIPLES OF STRUCTURAL-FUNCTIONAL ANALYSIS OF HUMAN CAPITAL AS AN ECONOMIC PHENOMENON

Melnychuk Dmytro
Doctor of Economic Sciences, Professor,
Department of Psychology and Social Welfare
Zhytomyr Polytechnic State University, Ukraine

Considering the priority of establishing the knowledge economy and the imperative of rapid technological progress, conventional interpretations of human capital as a static component of economic growth are increasingly losing their scientific and practical relevance. Contemporary social shifts and economic transformations necessitate a profound theoretical and methodological reconsideration of human capital through the lens of a complex system with a unique structure, whose economic output depends on the influence of a range of exogenous and endogenous determinants. The imperative to resolve this scientific problem determined the focus and objective of the study conducted by the author, with the structural-functional approach to the analysis of systemic phenomena in the economy and social sphere serving as the methodological framework. Applying the key principles of structural-functional analysis made it possible to examine the economic phenomenon under study not merely through the prism of accumulated knowledge, skills, or an individual's health resource, but as an integral system whose stability, productivity, and economic performance are driven by the synergistic interaction of its subsystems. The latter include educational-competency capital, health capital, social capital, and psychological capital [1].

The structural-functional approach is rooted in the concepts of T. Parsons [2], R. Merton [3], and other scholars who conceptualized the system through the interaction of its elements, emphasizing the role of each subsystem in preserving integrity and overall equilibrium. In other words, the essence of this approach to analyzing socio-economic phenomena lies in examining the internal structure of an object and identifying the specific roles of its components as subsystems aimed at ensuring the realization of the system's goals as a whole. Concurrently, the application of structural-functional methodology relies on a series of fundamental principles that,

in alignment with the objectives of our study, enable the investigation of endogenous interrelationships within the architectonics of human capital. In the context of applying these principles, the following insights deserve particular attention:

- the principle of systemic integrity – the properties of human capital as an emergent entity are not reducible to the simple arithmetic sum of its components, while the economic effect of investments in educational, social, somatic, and psychological components – what we define as the «human capital effect» – arises only under conditions of maximum harmonization of interaction among the corresponding subsystems; in this sense, we deem it possible and expedient to speak of the emergent-endogenous harmony of human capital as a system;
- the principle of functional adaptability and dynamic equilibrium – determines the capacity of human capital as an endogenous system to compensate for external destructive impacts through self-regulation, maintaining homeostasis under changing institutional and market environments;
- the principle of structural architectonics and hierarchy – presupposes the existence of a clear internal organization wherein elements combine into relatively autonomous subsystems, yet each occupies its unique place within the internal hierarchy depending on the nature of their mutual subordination (mediating, moderating, or multiplicative);
- the principle of functional subordination and specialization – each element within the structure of human capital is formed and realized not spontaneously, but with the aim of performing a specific task peculiar solely to it; thus, endogenous subsystems as components of the whole are not fully interchangeable, making every component critically important for the manifestation of the human capital effect;
- the principle of endogenous interdependence – posits the existence of established direct and feedback loops between the components of human capital as a system: any qualitative or quantitative change in one subsystem will trigger a chain reaction in others, generating a positive or destructive cumulative effect.

Regarding the first two of the principles outlined above and the concept of emergent-endogenous harmony of human capital as a system introduced herein, it should be separately emphasized that the methodological depth of the proposed concept lies in the fact that it characterizes the fundamental internal state of the human capital system that precedes its functional manifestations and adaptive responses. In its essence, such harmony is a necessary prerequisite for the emergence of a synergistic effect. Furthermore, the level of endogenous harmonization among the components of human capital (educational-competency capital, health capital, social capital, and psychological capital) directly conditions the quality and efficiency of systemic homeostasis: the higher the level of internal systemic balance, the less resource-intensive the process of maintaining functional stability becomes when faced with external crisis loads. Thus, the category of emergent-endogenous harmony shifts focuses specifically to the qualitative state of the internal systemic architectonics of human capital, revealing it as a self-sufficient endogenous entity rather than merely a reactive mechanism for adapting to external environmental factors.

References

1. Melnychuk D. Human capital as a relative system: theoretical and methodological analysis. Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference «Modern Science: Research, Economy and Innovation» (September 2-4, 2026, Zagreb, Croatia). International Scientific Unity. 2026. P. 96-97
2. Parsons T. The Social System. Glencoe, IL: Free Press, 1951. 575 p.
3. Merton R. Social Theory and Social Structure. New York: Free Press, 1968. 702 p.

АВТОМАТИЗАЦІЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ВИТРАТАМИ ПІДПРИЄМСТВА

Ковальова Тетяна Володимирівна
к.е.н., доцент
Шагун Євгенія Максимівна
здобувач вищої освіти
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Україна

Управління витратами є одним із фундаментальних напрямів забезпечення економічної ефективності підприємства. Витрати безпосередньо впливають на собівартість продукції, рівень прибутку, цінову політику та конкурентоспроможність. В умовах посилення конкуренції та зростання вимог до ефективності використання ресурсів підприємства потребують сучасних інструментів контролю витрат. Одним із найбільш результативних напрямів є автоматизація бізнес-процесів.

Традиційна система управління витратами значною мірою залежить від ручної обробки інформації. Дані про закупівлі, виробництво, оплату праці, логістику та реалізацію можуть формуватися в різних інформаційних середовищах, що ускладнює їх оперативне узгодження. Автоматизація дозволяє інтегрувати інформацію та забезпечити єдину систему контролю ресурсних потоків. Основною перевагою автоматизації є скорочення часових витрат на виконання рутинних операцій. Інформація про господарські операції може передаватися між підрозділами без необхідності повторного введення. Це зменшує кількість технічних помилок і водночас прискорює формування управлінської інформації. Особливого значення автоматизація набуває для бюджетування. Цифрові системи дозволяють формувати бюджети окремих підрозділів, консолідувати їх та здійснювати оперативне порівняння планових і фактичних показників. Відхилення можуть автоматично класифікуватися за видами та розмірами, що спрощує пошук причин перевищення витрат [1].

Ефективне управління витратами потребує їх деталізації. Загальний показник витрат підприємства не дозволяє визначити, які саме процеси

формують найбільше фінансове навантаження. Автоматизовані системи можуть забезпечувати розподіл витрат за центрами відповідальності, видами продукції, проектами, підрозділами або клієнтськими сегментами.

Важливим інструментом є аналіз собівартості. Цифрові системи дозволяють оперативно визначати структуру собівартості та відстежувати зміни вартості окремих ресурсів. У результаті підприємство може своєчасно реагувати на зростання цін на сировину, енергоносії або логістичні послуги [2].

Автоматизація також сприяє вдосконаленню закупівельної діяльності. Інформація про ціни постачальників, обсяги закупівель, строки поставок та умови розрахунків може аналізуватися централізовано. Це створює можливості для виявлення економії та оптимізації умов співпраці з контрагентами. Особливу роль відіграє автоматизований контроль нормативних та фактичних витрат. Якщо підприємство використовує нормативний підхід до калькулювання, цифрова система може порівнювати фактичне споживання ресурсів із встановленими нормативами. Значні відхилення можуть бути підставою для проведення додаткового аналізу. Автоматизація змінює і функцію бухгалтерського обліку у сфері управління витратами. Бухгалтерська система перестає бути лише джерелом інформації про вже здійснені витрати та стає частиною інтегрованого інформаційного середовища. Дані обліку можуть використовуватися для прогнозування, бюджетування та оцінки майбутньої ефективності [3].

Важливим напрямом є роботизація стандартизованих процедур. Роботизовані програмні агенти можуть виконувати повторювані операції, пов’язані з перенесенням даних, перевіркою документів та формуванням звітів. Це дозволяє працівникам зосередитися на завданнях, які потребують професійного судження.

Однак автоматизація не гарантує автоматичного зниження витрат. Якщо бізнес-процеси підприємства є неефективними, їх механічна автоматизація може лише прискорити неефективну процедуру. Тому перед цифровізацією доцільно здійснювати оптимізацію самих процесів, усувати дублювання функцій та стандартизувати інформаційні потоки. Суттєвим фактором є вартість впровадження цифрових рішень. Підприємство повинно оцінювати співвідношення між інвестиціями в технології та очікуваним економічним результатом. При цьому ефект може бути як прямим, у вигляді скорочення трудових витрат, так і непрямим — через зменшення помилок, прискорення прийняття рішень та підвищення прозорості.

Автоматизація управління витратами також створює нові вимоги до персоналу. Працівники повинні розуміти не лише економічну сутність витрат, а й принципи роботи цифрових систем. Зростає потреба у фахівцях, здатних одночасно інтерпретувати фінансові дані та працювати з інформаційними технологіями. Перспективним напрямом є інтеграція автоматизованого управління витратами з прогнозною аналітикою. У такому разі система може не тільки повідомляти про вже здійснене перевищення бюджету, а й прогнозувати ймовірність його виникнення. Це змінює саму логіку управління — від реагування на відхилення до попередження небажаних результатів [4].

В умовах цифрової економіки ефективність управління витратами дедалі більше залежатиме від швидкості отримання та якості інформації. Підприємство, яке здатне оперативно визначити джерела перевитрат, оцінити альтернативи та змоделювати їх фінансові наслідки, отримує додаткові конкурентні переваги.

Отже, автоматизація бізнес-процесів є важливим чинником удосконалення системи управління витратами. Її значення полягає не лише в технічному прискоренні облікових процедур, а насамперед у формуванні інтегрованого інформаційного середовища для планування, контролю та прогнозування витрат. Максимальний економічний ефект досягається за умови комплексної трансформації бізнес-процесів, підготовки персоналу та орієнтації цифрових технологій на конкретні управлінські потреби підприємства.

Список використаних джерел

1. Голов С. Ф. Управлінський облік : підручник. Київ : Лібра, 2023. 704 с.
2. Нападовська Л. В. Управлінський облік : підручник. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2020. 648 с.
3. Бутинець Ф. Ф., Малюга Н. М. Бухгалтерський управлінський облік : навч. посіб. Житомир : ЖІТІ, 2021. 448 с.
4. Davenport T. H., Short J. E. The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. Sloan Management Review. 1990. Vol. 31, No. 4. P. 11–27.

ВПЛИВ СКЛАДОВИХ ЕКОНОМІКИ ЗНАНЬ НА ВВП УКРАЇНИ: КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ

Лема Олег Ігорович
аспірант
Кафедра менеджменту і міжнародного підприємництва
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Економіка знань є важливим чинником розвитку національної економіки, оскільки сприяє формуванню та розвитку таких ключових складових: початкова освіта (ПО); професійно-технічна та вища освіта (ПТВО); дослідження, розробки та інновації (ДРІ); інформаційно-комунікаційні технології (НКТ); економіка (Е) та екологічна, соціальна та управлінська діяльність (ESG) [1, 2]. Відповідно рівень розвитку економіки знань залежить від розвитку зазначених складових.

З метою визначення складових економіки знань, розвиток яких потребує першочергової уваги та концентрації ресурсів для забезпечення економічного зростання країни, доцільно оцінити їхній вплив на формування ВВП. Оцінити вплив складових економіки знань на ВВП України можна за допомогою кореляційно-регресійної моделі, яка покаже, з якою силою складові можуть змінити наявний рівень ВВП України. Вихідні дані для оцінювання впливу складових економіки знань на ВВП України представлені у табл. 1.

Таблиця 1 Вихідні дані для оцінювання впливу складових економіки знань на ВВП України

№	Період	ВВП, млн. грн.	Складові економіки знань				
			ПТВО	ДРІ	НКТ	Е	ESG
1.	2020	4194102	44,9	24,8	52,1	37,1	53,3
2.	2021	5459574	49,3	30,6	48,2	45,9	54,4
3.	2022	5191028	43,5	23,9	48,9	44,8	54,4
4.	2023	6537825	43,7	27	50,5	40,8	52,9
5.	2024	7658659	44,7	29,1	55,9	44,3	52,5
6.	2025	8931194	50,9	18,6	44,6	37	48,7

Джерело: сформовано автором на основі [2-5].

З метою забезпечення точності та надійності оцінювання впливу складових економіки знань на ВВП України необхідно здійснити нормування вихідних даних. Це забезпечує їхню зіставність та створює необхідні передумови для подальшого кореляційно-регресійного аналізу. Результати нормування вихідних даних наведено в табл. 2.

Таблиця 2 Нормовані значення вихідних даних для оцінювання впливу складових економіки знань на ВВП України

№	Період	ВВП, млн. грн.	Складові економіки знань				
			ПТВО	ДРІ	НКТ	Е	ESG
1.	2020	0,662708	0,972563	0,966234	1,041306	0,890756	1,011385
2.	2021	0,862665	1,06787	1,192208	0,963358	1,102041	1,032258
3.	2022	0,820232	0,942238	0,931169	0,977348	1,07563	1,032258
4.	2023	1,033039	0,94657	1,051948	1,009327	0,979592	1,003795
5.	2024	1,210141	0,968231	1,133766	1,117255	1,063625	0,996205
6.	2025	1,411214	1,102527	0,724675	0,891406	0,888355	0,924099

Кореляційно-регресійна модель впливу складових економіки знань на ВВП України матиме вигляд (1):

$$Y = 12{,}45 - 1{,}57x_1 + 0{,}69x_2 - 0{,}77x_3 + 1{,}78x_4 - 11{,}58x_5 \quad (1)$$

Таким чином, результати кореляційно-регресійного аналізу показали виражений зв’язок між складовою «економіка» та рівнем ВВП (1,78), що є одним із основних напрямків, розвиток якого сприятиме зростанню економіки знань. Наступним елементом є «дослідження, розробки та інновації», значення якого становить 0,69 та підтверджує важливість даної складової щодо забезпечення економічного розвитку країни.

Складові «професійно-технічна і вища освіта» та «інформаційно-комунікаційні технології» показують обернену залежність між рівнем ВВП у межах моделі. Проте, стверджувати, що дані складові стримують розвиток ВВП не можна. Таким чином, проведене дослідження дає можливість визначити напрямок взаємозв’язку між складовими економіки знань та рівнем ВВП України, але для отримання надійності та значущості результатів кількість спостережень при побудові кореляційно-регресійної моделі потрібно збільшити.

Список використаних джерел

1. Lema, O. I., Oleksiv, I. B., & Lema, H. V. (2026). Components of knowledge economies as factors of corporate social development: Challenges for Ukraine. Ekonomika: Realii Chasu, 3(85), 143–150. https://etr.economics.net.ua/files/archive/2026/No3/143.pdf
2. United Nations Development Programme. (2025). Global Knowledge Index 2025. https://www.undp.org/arab-states/publications/global-knowledge-index-2025
3. United Nations Development Programme. (2024). Global Knowledge Index 2024. https://www.undp.org/arab-states/publications/global-knowledge-index-2024
4. United Nations Development Programme. Global Knowledge Index 2023-2020: Methodology. https://knowledge4all.com/
5. Міністерство фінансів України. (2025). Валовий внутрішній продукт України. https://index.minfin.com.ua/ua/economy/gdp/2025/

РОЗРОБКА СТРАТЕГІЧНИХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ

Веремеєнко Олександр
доктор філософії, докторант
Карпов Ярослав
аспірант Phd
Запорізький національний університет, Запоріжжя, Україна

В період російсько- української війни, умови роботи та виживання вітчизняних підприємств надзвичайно важкі. Поточна ситуація в країні не дозволяє ефективно планувати підприємницьку діяльність. Багато підприємств скоротили обсяги випуску продукції, а значна частина взагалі покинула ринок. Ефективне стратегічне планування є ключем до адаптації підприємств до нинішніх обставин та пошуку нових шляхів для їхнього розвитку. Це також важливий елемент сталого управління ресурсами, включаючи фінанси, персонал та матеріальні активи. За допомогою стратегічного планування підприємства можуть зберігати конкурентну перевагу, виявляти нові ринкові можливості та раціонально використовувати наявні ресурси [1].

Досвід керівника, рівень професіоналізму персоналу та їх інтуїція виступають основою для прийняття стратегічних рішень, що вимагають глибокого розуміння процесів планування та прогнозування майбутніх цілей. У процесі розгляду та розробки стратегії можуть застосовуватись різноманітні моделі управління, що дозволяють чітко окреслити кінцевий стан розвитку підприємства. Реалізація визначеної стратегії призводить до досягнення запланованої мети.

На кожному етапі розвитку підприємство стикається з певними параметрами, які визначають умови його функціонування: це і поточний стан, і майбутні перспективи. Сьогодні питання формування ефективної стратегії стало надзвичайно важливим компонентом для успішного функціонування будь-якого

підприємства, незалежно від його розміру, організаційно-правової форми чи сфери діяльності [2].

Ринкова економіка висуває нові вимоги до підприємств, які обумовлені не лише наявністю конкуренції та високими стандартами якості товарів та послуг. Важливість гнучкої реакції на зміни

ринкової ситуації постійно збільшується, адже вона не завжди благоприятна для процвітання підприємства. Успішна організація функціонує як єдиний організм, і стратегія виступає сполучною ланкою цього складного апарату.

Детальніше зупинимося на процесі формування стратегічних напрямків розвитку підприємства (рис.1).



Рисунок 1. Розробка стратегічних напрямків розвитку підприємств [2]

Вирішальним в процесі розробки стратегічних напрямків розвитку підприємств має аналіз стратегічних перспектив, які тісно пов'язані з метою стратегічного розвитку підприємства. В процесі формування стратегічних планів основне місце займає пошук резервів підвищення ефективності діяльності підприємства, які позитивно будуть впливати на стратегічний його розвиток. Важливо також формувати стратегічні плани з урахуванням позитивних факторів та врахування негативно впливаючі чинники. Саме врахування чинників та резервів дозволить не лише формувати стратегічні плани, а і їх реалізувати в практичній діяльності підприємства, а також забезпечити їх конкурентоспроможність як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Список використаних джерел

1. Маліношевська К.І. Розроблення стратегії розвитку підприємства. Науковий вісник Ужгородського національного університету. №41. 2022. С. 74-78.
2. Олійник Л.В., Кузнєцова А.П. Методологічні засади формування стратегії розвитку підприємства. Економіка і організація управління. №3 (31). 2018. С. 118-126.
3. Череп О.Г., Веремеєнко О.О. Формування стратегії розвитку підприємства Стаття Актуальні проблеми економіки. 2024. №6 (276). С. 240-245. URL: https://eco-science.net/wp-content/uploads/2024/06/6.24. _topic_Cherep-%D0%9E.%D0%9D.-Veremeyenko-O.O.-240-245.pdf

ESG-ПІДХОДИ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ЦИФРОВИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Шкіндюк Святослав
аспірант
Андрійчук Ігор
к. е. н., доцент
Кафедра прикладної економіки
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу, Україна

Цифрові трансформації газорозподільних підприємств є основними напрямками здійснення модернізації вітчизняної газорозподільної інфраструктури, вони забезпечать запровадження цифрових технологій та автоматизованих сучасних систем прийняття рішень замість традиційних методів управління. Використання ESG-підходу дає змогу інтегрувати та адаптувати Environmental, Social та Governance-критерії у процеси стратегічного та оперативного планування цифровізації господарської діяльності. Цифрову трансформацію газорозподільних підприємств, загалом пов'язують із цифровими трансформаціями управління мережами, комерційним обліком, предиктивним обслуговуванням, реагуванням на аварійні ситуації, тощо [1].

Необхідність зменшення екологічних наслідків від використання газорозподільної інфраструктури визначає актуальність Environmental-компонента ESG-підходу. ESG цифрова трансформація сприятиме зниженню екологічних ризиків, скороченню втрат газу, більш раціональному використанню ресурсів, підвищенню енергетичної ефективності. У дослідженні [2] доведено ключову роль координованого розвитку цифровізації та екологізації енергетичного сектору з метою покращення ефективності та сталого зростання.

Надзвичайно актуальним для газорозподільних підприємств є Social-компонент ESG, поскільки їхнє функціонування пов'язано безпосередньо із безпекою працівників, споживачів та населення. Соціально орієнтовані цифрові трансформації слід оцінювати за їхньою спроможністю покращувати безпеку, доступність послуг, якість обслуговування та ступінь задоволеності споживачів.

Governance-вимірник ESG відіграє особливе значення, оскільки стрімко зростає залежність газорозподільних підприємств від цифровізації. Так, у науковій праці [3] акцентовано увагу на складових цифрової трансформації енергетичних підприємств: цифровій інфраструктурі, цифрових компетентностях, цифровій культурі, IoT, blockchain, smart meters, тощо.

У таблиці 1 виокремлено основні напрями, завдання та характеристика ESG-підходів при забезпеченні цифрових трансформацій газорозподільних підприємств.

Таблиця 1 – Напрями, завдання та характеристика ESG-підходів при забезпеченні цифрових трансформацій газорозподільних підприємств

ESG-вимірники	Напрями	Основне завдання та характеристика
E – Environmental (екологічний)	1. Цифровізація моніторингу витоків та втрат газу. 2. Енергетична ефективність. 3. Здійснення управління екологічними ризиками. 4. Виконання цифрового моделювання екологічних і аварійних сценаріїв.	Забезпечення екостійкості за рахунок зменшення технологічних втрат, витоків газу і енергоспоживання. Використання цифрових систем моніторингу дасть змогу виявити відхилення, спрогнозувати аварії та проконтролювати ймовірні екологічні ризики. Екологічні вимірники застосовують при інвестиційному плануванні, модернізації обладнання і визначенні ефективності цифрових проектів.
S – Social (соціальний)	1. Забезпечення безпеки працівників. 2. Забезпечення безпеки споживачів. 3. Цифровізація послуг. 4. Розвиток цифрових компетентностей (здібностей) та інклюзивність.	Покращення безпеки працівників та споживачів через соціальну орієнтованість цифрових трансформацій. Цифровізація сприятиме дистанційному контролю, виконанню автоматизації аварійного реагування та поліпшенню взаємодії із споживачами. Розвиток цифрових здібностей персоналу, покращення доступності послуг та якості обслуговування є важливими соціальними складовими забезпечення цифрових трансформацій.
G – Governance (управлінський)	1. Управління даними. 2. Забезпечення кіберстійкості та кібербезпеки. 3. Забезпечення цифрової прозорості і підзвітності. 4. Управління ESG ризиками.	Використання цифрово стійкої, прозорої системи управління підприємством. Data Управління даними забезпечує цілісність достовірність та захищеність інформації. Кібербезпека забезпечує стійкість цифрової інфраструктури. Запровадження ESG-критеріїв у систему управління покращить рівень підзвітності, прозорості та, загалом, якості ухвалення стратегічних рішень.

Сформовано на основі [1, 3-7]

Таким чином, ESG-підхід до здійснення цифрової трансформації енергетичних підприємств полягає у системному поєднанні екологічних, соціальних та управлінських пріоритетів із сучасними процесами модернізації та технологічного оновлення. Для газорозподільних підприємств ESG-підхід є особливо актуальним, поскільки цифровізація одночасно сприятиме раціональному ефективному використанню ресурсів, надійності і безпеці інфраструктури, покращенню якості наданих послуг споживачам.

Список використаних джерел

1. Андрійчук І., Шкіндюк С. (2025). Напрями покращення цифрових трансформацій у газорозподільних підприємствах. Економіка та суспільство, (82). URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-82-130

2. Dong H., Wang L., Liao Z., Wu X., Liu Y., Wangdu F. (2026). Digitalization-greening coupling coordination on ESG performance in energy enterprises: Mechanisms, heterogeneity and economic consequences. Journal of Environmental Management, 410, 130114. URL:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2026.130114
3. Дергачова В. В., Хлебинська О. І., Дергачова Г. М. (2024). Цифрові трансформації бізнес-процесів енергетичних підприємств та особливості їх правового забезпечення. Економічний вісник НТУУ «КПІ», № 31, С. 34-38. URL:https://doi.org/10.20535/2307-5651.31.2024.319017
4. Ghnimi H., Hermi S. (2026). Does digital transformation enhance ESG performance? Empirical evidence from French listed companies. Managerial Finance, 52(8), 1374–1387. URL: https://doi.org/10.1108/MF-07-2025-0527
6. Yu Y., Chan H.-L., Cho E. (2026). Enhancing ESG performance through digital transformation: Recent development, cases and relationships. Journal of Business Research, 202, 115763. URL: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2025.115763
7. Popescu C. R. G. et al. (2023). The impact of resources on digital transformation in energy sector companies: The role of readiness for digital transformation. Technology in Society, 74, 102315. URL: https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102315
8. Подосинніков С., Галинський Д. (2026). Цифрова трансформація енергетичного підприємництва: виклики та можливості сталого розвитку. Socio-Economic Relations in the Digital Society, 1(59), 31-44. URL: https://doi.org/10.55643/ser.1.69.2026.671

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.006

МЕХАНІЗМИ СТРАТЕГУВАННЯ РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ В СИСТЕМІ СУЧАСНОЇ РЕГІОНАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ

Антонюк Микола
аспірант
«Інститут регіональних досліджень
ім. М. І. Долішнього НАН України»,
м. Львів, Україна

Етап розвитку України на сьогодні характеризується суттєвими трансформаціями системи державної регіональної політики, зумовленими процесами децентралізації, повномасштабною війною, посиленням просторової диференціації та необхідністю відновлення постраждалих територій. За таких складних умов особливого значення набуває стратегування регіонального розвитку як інструмент визначення довгострокових пріоритетів, концентрації ресурсів та координації діяльності різних суб’єктів регіональної політики.

Згідно із Законом України «Про засади державної регіональної політики», державна регіональна політика спрямована на забезпечення збалансованого розвитку регіонів, підвищення їх конкурентоспроможності та якості життя населення [1]. У цьому контексті стратегічне планування виступає важливою складовою регіональної політики, забезпечуючи формування довгострокових орієнтирів розвитку територій та визначення пріоритетних напрямів використання наявного потенціалу. Водночас стратегування доцільно розглядати ширше, ніж процес розроблення стратегічних документів. Воно охоплює аналіз соціально-економічного стану та потенціалу території, визначення стратегічного бачення і цілей, формування механізмів та інструментів їх реалізації, ресурсне забезпечення, моніторинг результатів і коригування стратегічних рішень. Такий підхід відповідає сучасній концепції територіально орієнтованого розвитку, яка передбачає врахування специфічних ресурсів, проблем і можливостей окремих територій [2; 3].

Інституційну основу стратегування регіонального розвитку України становить система взаємопов'язаних документів державного, регіонального та місцевого рівнів. До неї належать Державна стратегія регіонального розвитку, регіональні стратегії розвитку, стратегії розвитку територіальних громад, плани заходів з їх реалізації та відповідні програми розвитку [1; 4]. Важливою умовою результативності цієї системи є узгодженість стратегічних пріоритетів різних рівнів із наявними фінансовими, інституційними та організаційними можливостями.

На основі узагальнення наукових підходів та сучасної практики державної регіональної політики пропонується розглядати механізм стратегування регіонального розвитку як систему взаємопов'язаних механізмів, спрямованих на трансформацію стратегічних цілей у конкретні управлінські рішення та результати територіального розвитку.

До основних механізмів стратегування доцільно віднести:

- нормативно-правовий механізм – формує правові засади стратегічного планування, визначає систему стратегічних документів та процедури їх розроблення й реалізації;
- інституційно-організаційний механізм – забезпечує взаємодію органів державної влади, місцевого самоврядування та інших суб'єктів регіонального розвитку;
- фінансово-економічний механізм – забезпечує ресурсну реалізацію стратегічних пріоритетів через державний і місцеві бюджети, публічні інвестиції, грантові ресурси та міжнародну фінансову допомогу;
- інформаційно-аналітичний механізм – забезпечує формування інформаційної бази для прийняття стратегічних рішень, використання статистичних даних, прогнозування та оцінювання потенціалу територій;
- партнерський механізм – передбачає залучення бізнесу, громадськості, наукових установ та інших зацікавлених сторін до формування і реалізації стратегічних пріоритетів;

- моніторингово-оцінювальний механізм – забезпечує визначення результативності реалізації стратегій та своєчасне коригування стратегічних рішень.

Зазначені механізми перебувають у взаємозв'язку та формують послідовний цикл стратегування:

аналіз території → визначення стратегічних цілей → формування механізмів та інструментів реалізації → ресурсне забезпечення → моніторинг та оцінювання → коригування стратегічних рішень.

Такий підхід дозволяє відійти від розуміння стратегії як статичного документа та трактувати стратегування як безперервний управлінський процес.

Особливого значення це набуває в умовах війни та повоєнного відновлення України. Руйнування інфраструктури, демографічні втрати, зміна економічної спеціалізації територій та нерівномірність впливу безпекових факторів посилюють просторову диференціацію регіонів. Тому стратегування має передбачати достатню гнучкість стратегічних рішень та враховувати специфіку різних типів територій. Водночас обмеженість ресурсів зумовлює необхідність тіснішого поєднання стратегічного планування з системою публічних інвестицій та визначенням пріоритетних проектів розвитку.

У цьому контексті важливим є використання територіально орієнтованого підходу, відповідно до якого стратегічні рішення формуються з урахуванням внутрішнього потенціалу, конкурентних переваг та специфічних потреб конкретних територій. OECD наголошує на необхідності поєднання такого підходу з багаторівневим врядуванням, координацією політики та ефективним використанням публічних інвестицій [3; 5].

Таким чином, ефективність стратегування регіонального розвитку визначається не лише якістю стратегічних документів, а й спроможністю забезпечити їх практичну реалізацію. Для України пріоритетними напрямами вдосконалення системи стратегування є посилення взаємозв'язку між державними, регіональними та місцевими стратегіями, інтеграція стратегічного планування з бюджетним процесом і публічними інвестиціями, розвиток багаторівневого партнерства та підвищення ролі моніторингу й оцінювання.

Отже, стратегування регіонального розвитку є комплексним механізмом реалізації сучасної державної регіональної політики, що поєднує нормативно-правові, інституційно-організаційні, фінансово-економічні, інформаційно-аналітичні, партнерські та моніторингово-оцінювальні складові. Запропонований підхід дозволяє розглядати стратегування як безперервний цикл перетворення стратегічних цілей на конкретні управлінські рішення та результати розвитку територій. В умовах війни та повоєнного відновлення його вдосконалення має ґрунтуватися на територіальній диференціації, концентрації ресурсів, багаторівневому врядуванні та тісному взаємозв'язку стратегічного планування з механізмами публічних інвестицій.

Список використаних джерел

1. Верховна Рада України. (2015). Про засади державної регіональної політики: Закон України від 5 лютого 2015 року № 156-VIII. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/156-19
2. McCann, P. (2023). Place-based policies for the future: How have place-based policies evolved to date and what are they for now? (OECD Regional Development Papers No. 78). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9b0b0107-en
3. OECD. (2025). Place-based policies for the future. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/e5ff6716-en
4. Кабінет Міністрів України. (2020). Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки: Постанова від 5 серпня 2020 року № 695. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/695-2020-п
5. OECD. (2019). Regional governance and public investment: A closer look at multi-level governance. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/8f9a0c76-en
6. Верховна Рада України. (2022). Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо засад державної регіональної політики та політики відновлення регіонів і територій: Закон України від 9 липня 2022 року № 2389-IX. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2389-20

ЗЕЛЕНІ УРБОЕКОСИСТЕМИ ЯК ПРІОРИТЕТ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ МІСТ УКРАЇНИ

Павленко Олександр Сергійович
здобувач PhD
Орловська Юлія Валеріївна
д.е.н., професор
Український державний університет науки і технологій
Україна

Масштабне повоєнне відновлення міст України потребуватиме не лише реконструкції зруйнованого житла та інженерної інфраструктури, а й переосмислення принципів організації міського простору. Відбудова за моделлю простого відтворення довоєнної міської структури створює ризик закріплення її попередніх проблем: фрагментарності зелених зон, високої частки штучних поверхонь, недостатньої адаптованості до температурних і гідрологічних ризиків та слабкої інтеграції природних компонентів у просторове планування. Альтернативою є використання відбудови як можливості переходу до екосистемної моделі розвитку міста, за якої природні компоненти виконують не декоративну, а інфраструктурну функцію.

Такий підхід відповідає загальному напряму європейської екологічної політики, у якій міські екосистеми поступово перетворюються на самостійний об’єкт регулювання. Регламент ЄС 2024/1991 про відновлення природи встановлює для міських екосистем вимоги щодо недопущення чистого скорочення площі зелених просторів і деревного покриву до 2030 р., а надалі –

забезпечення тенденції до їх збільшення, зокрема шляхом інтеграції зелених просторів у будівлі та інфраструктуру [1]. Для України цей підхід набуває особливого значення, оскільки повоєнне відновлення створює можливість закладати відповідні рішення безпосередньо під час реконструкції міських територій, а не адаптувати до них уже сформовану забудову.

Водночас в українській політиці вже формуються окремі складові такого переходу. План допомоги Україні Ukraine Facility визначає зелений перехід одним із наскрізних напрямів відновлення та передбачає, серед іншого, енерго- і ресурсоефективну реконструкцію, модернізацію муніципальної інфраструктури та створення зелених просторів у містах [2, с. 352]. Проте ключовим завданням стає перехід від реалізації окремих заходів озеленення до системного включення зелено-блакитної інфраструктури та природоорієнтованих рішень у просторову модель відновлюваного міста.

Мета цього дослідження полягає в обґрунтуванні ролі зелених урбоекосистем у повоєнній відбудові міст України та визначенні напрямів переходу від відновлення окремих об’єктів озеленення до формування інтегрованої зелено-блакитної інфраструктури як складової міської системи.

Методичну основу дослідження становлять аналіз нормативних і стратегічних документів ЄС та України, що визначають сучасні орієнтири зеленого відновлення, а також узагальнення наукових підходів до зеленої і зелено-блакитної інфраструктури та природоорієнтованих рішень. На основі їх концептуального узагальнення здійснено систематизацію рівнів інтеграції природних компонентів у міське середовище та визначено місце зелених урбоекосистем у повоєнній відбудові українських міст.

Як відомо, традиційний підхід до озеленення міських територій переважно виходить з об’єктної логіки, за якої парки, сквери, насадження вздовж вулиць та інші зелені простори розглядаються як окремі елементи благоустрою. Екосистемний підхід принципово змінює предмет планування: ним стає не сукупність зелених об’єктів, а взаємопов’язана система природних і просторових компонентів міста та функцій, які вони виконують. Зелені насадження, водойми, водно-болотні території, зелені коридори, проникні поверхні, зелені дахи та інші природоорієнтовані рішення у такій системі формують функціональну мережу, інтегровану із забудовою та інженерною інфраструктурою [4].

У контексті повоєнної відбудови така зміна підходу має особливе значення. Значні масштаби реконструкції створюють можливість одночасного перепланування забудови, транспортної та комунальної інфраструктури і природного каркасу міста. Відповідно, зелені урбоекосистеми можуть бути включені у відбудову не як завершальний етап благоустрою території, а як один із вихідних параметрів її просторового планування. Це дозволяє поєднати в межах одних просторових рішень завдання кліматичної адаптації, управління поверхневим стоком, підтримання біорізноманіття, регулювання міського мікроклімату, рекреації та підвищення якості міського середовища.

На основі узагальнення сучасних підходів до зеленої інфраструктури, зелено-блакитних мереж та природоорієнтованих рішень пропонуємо

розглядати поглиблення інтеграції природних компонентів у міський простір як перехід від об'єктного озеленення через формування зелено-блакитної інфраструктури до інтегрованої зеленої урбоекосистеми. Деталізація такого підходу репрезентована у таблиці 1.

Таблиця 1 Рівні інтеграції природних компонентів у міське середовище

Рівень інтеграції	Об'єкт просторового планування	Функціональна спрямованість	Характер взаємодії з міською системою	Очікуваний результат
Об'єктне озеленення	Окремі зелені об'єкти: парки, сквери, насадження, озеленені території	Рекреаційна, естетична, санітарно-гігієнічна	Локальне включення природних елементів у забудоване середовище	Поліпшення якості окремих ділянок міського простору
Зелено-блакитна інфраструк-тура	Просторово та функціонально пов'язана мережа зелених і водних елементів	Надання комплексу екосистемних послуг: регулювання мікроклімату, управління поверхневим стоком, підтримання біорізноманіття, рекреація	Формування зв'язної багатофункціо нальної мережі природних компонентів	Підвищення екологічної та кліматичної стійкості міської території
Інтегрована зелена урбоеко-система	Міська територія як взаємопов'язан а природно-антропогенна система	Одночасне забезпечення екологічних, кліматоадаптаційних, соціальних та просторових функцій	Інтеграція екосистемних функцій у забудову, інженерну інфраструктур у та просторове управління містом	Формування стійкого міського середовища, в якому природний компонент виступає повноцінним інфраструктур-ним активом

Джерело: авторська систематизація на основі узагальнення [3–5].

Відповідно, принципова відмінність екосистемної моделі від традиційного підходу до відбудови полягає у зміні статусу міської природи: з об'єкта благоустрою вона перетворюється на інфраструктурний актив, здатний одночасно створювати екологічні, соціальні та економічні ефекти. Саме багатофункціональність такого активу дає підстави розглядати формування зелених урбоекосистем не як супутнє екологічне завдання, а як один із пріоритетів повоєнного відновлення українських міст.

Таким чином, проведене дослідження засвідчує, що повоєнна відбудова міст України створює передумови для переходу від традиційного об'єктного озеленення до формування інтегрованих зелених урбоекосистем. Запропонована систематизація відображає поглиблення інтеграції природних компонентів у

міське середовище за послідовністю «об'єктне озеленення – зелено-блакитна інфраструктура – інтегрована зелена урбоекосистема», що супроводжується переходом від локального благоустрою до забезпечення комплексу екосистемних та інфраструктурних функцій. У контексті повоєнного відновлення це означає необхідність включення зелено-блакитної інфраструктури та природоорієнтованих рішень уже на етапі просторового й інфраструктурного планування, а не після завершення основних відбудовчих робіт. За такого підходу міська природа набуває статусу інфраструктурного активу, а формування зелених урбоекосистем стає складовою підвищення довгострокової стійкості та якості міського середовища.

Список використаних джерел

1. Regulation (EU) 2024/1991 of the European Parliament and of the Council of 24 June 2024 on nature restoration and amending Regulation (EU) 2022/869. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1991/oj/eng.
2. План для Ukraine Facility (2024–2027) : схвалений розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 березня 2024 р. № 244-р. 380 с. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/244-2024-%D1%80#Text
3. Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe's Natural Capital: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions / European Commission. COM(2013) 249 final. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52013DC0249.
4. Jones L., Anderson S., Læssøe J. et al. A typology for urban Green Infrastructure to guide multifunctional planning of nature-based solutions. Nature-Based Solutions. 2022. Vol. 2. Art. 100041. DOI: 10.1016/j.nbsj.2022.100041.
5. Langemeyer J., Baró F. Nature-based solutions as nodes of green-blue infrastructure networks: A cross-scale, co-creation approach. Nature-Based Solutions. 2021. Vol. 1. Art. 100006. DOI: 10.1016/j.nbsj.2021.100006.

МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ЗАЦІКАВЛЕНИХ СТОРІН НА МІЖНАРОДНІ РИЗИКИ ПОСТАЧАННЯ

Пукаляк Михайло Романович
аспірант
Кафедра менеджменту і міжнародного підприємництва
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Сьогодення характеризується зростанням ризиків бізнес процесів. Відповідно науковцями [1; 3] дедалі частіше розробляються методи оптимізації ланцюга постачання, щоб зменшити ризики у термінах поставок, зростанні витрат, дефіциті ресурсів, валютних коливаннях тощо [2]. Варто відзначити, що ризики можуть виникати не лише у процесі постачання, але і під впливом

зацікавлених сторін (постачальників, споживачів, органів державної влади, митні структури, інвестори тощо), від діяльності яких залежить ефективність ланцюга постачання [4]. Таким чином, постає необхідність визначення сили впливу зацікавлених сторін на міжнародні ризики постачання. Визначити силу впливу зацікавлених сторін можна за допомогою моделі (рис. 1).

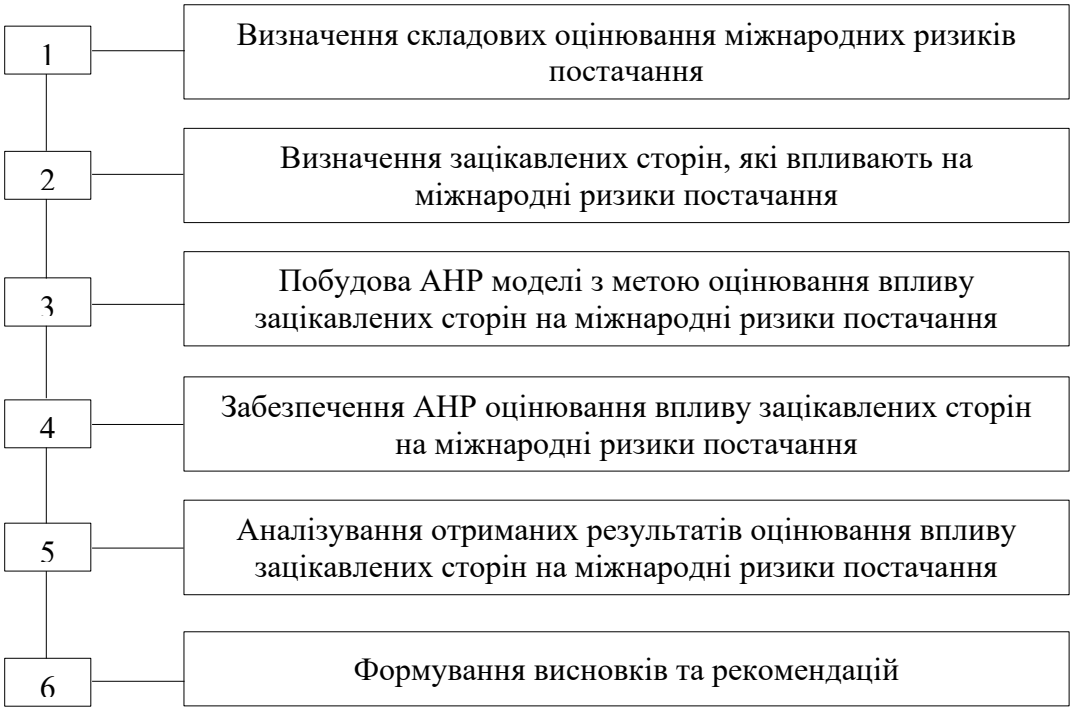


Рис. 1. Модель оцінювання впливу зацікавлених сторін на міжнародні ризики постачання
Примітка: розробка автора.

В основі запропонованої моделі покладено шість послідовних етапів, кожен із яких виконує окрему функціональну роль та забезпечує логічний перехід до наступного етапу. Перший та другий етапи передбачають визначення складових оцінювання міжнародних ризиків постачання та зацікавлених сторін, які впливають на ризики постачання. Наступний етап пропонує побудову АНР моделі, яка покаже вплив кожного із зацікавлених сторін. Етапи чотири та п’ять, пропонують визначення експертів для визначення сили впливу зацікавлених сторін на міжнародні ризики постачання та аналізування отриманих результатів. Останній, шостий етап передбачає формування висновків та рекомендацій.

Запропонована модель визначення сили впливу зацікавлених сторін на міжнародні ризики постачання дозволяє чітко систематизувати основні складові та учасників ланцюга постачання та визначити пріоритетні напрямки міжнародного постачання, а також вплив зацікавлених сторін. Відповідно, це сприятиме більш ефективному спрямуванню управлінських зусиль і ресурсів на розвиток та підтримання співпраці з ключовими зацікавленими сторонами, що дозволить підвищити стійкість міжнародних ланцюгів постачання та знизити рівень відповідних ризиків.

Список використаних джерел

1. Кривещенко, В., Хмурковський, Г., & Ляденко, Т. (2024). Оптимізація логістичних ланцюгів постачання в умовах глобальних криз. Економіка та суспільство, (63). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-110
2. Михайлишин, Л. І., Захарова, О. В., & Коровчук, Ю. І. (2026). Оцінка впливу ризиків макроекономічного середовища на безпеку та стійкість економічного розвитку України. Здобутки економіки: перспективи та інновації, (28). https://doi.org/10.5281/zenodo.19142667
3. Полянська, А. С., Мартинець, В. Б., & Кабан, О. В. (2022). Оптимізація ланцюга постачання на підприємстві в умовах кризових явищ. Актуальні проблеми розвитку економіки регіону, 2(18), 112–127. https://doi.org/10.15330/apred.2.18.112-127
4. Олексів, І. Б. (2013). Групи економічного впливу в системі управління підприємством: концепція і інструментарій їх відбору та узгодження інтересів: монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, с. 292.

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.007

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЙМОВІРНОСТІ БАНКРУТСТВА ПІДПРИЄМСТВ

Ровінський Олександр Олександрович
аспірант
Запорізький національний університет, Україна

У період турбулентності ринкового середовища ключовим завданням фінансового менеджменту стає своєчасне виявлення сигналів кризи. Дефіцит власних оборотних коштів, падіння прибутковості, зростання суми боргових зобов’язань та зниження рівня платоспроможності нерідко розгортаються поступово. Поодинока оцінка якогось одного коефіцієнта не дає змоги сформувати вичерпний висновок про стан суб'єкта господарювання. Аналітичний інструментарій повинен фіксувати не лише факт глибокого неплатоспроможного стану, а й первинні симптоми дестабілізації, коли підприємство ще володіє часовим ресурсом для корекції фінансової стратегії [1; 2].

У сучасній практиці діагностики ризику банкрутства застосовують три базові групи методів: коефіцієнтні, інтегральні та дискримінантні. Оцінювання через систему коефіцієнтів передбачає розрахунок показників ліквідності, автономії, оборотності та рентабельності. Головна перевага даного підходу полягає у можливості точково локалізувати проблемний сегмент у господарській діяльності. Втім, використання широкої системи показників супроводжується складнощами під час підведення підсумкового висновку, зокрема коли окремі індикатори демонструють суперечливі різноспрямовані тренди.

Дискримінантні й інтегральні методи долають зазначений недолік за

рахунок агрегування різнопланових параметрів у єдиний узагальнюючий індекс. До найвідоміших класичних рішень належать моделі Е. Альтмана, Г. Спрінгейта та Р. Таффлера, а серед вітчизняних розробок — дискримінантна модель О. Терещенка. Усі вони базуються на зважуванні вибраних коефіцієнтів із відповідними ваговими коефіцієнтами та подальшому зіставленні сумарного значення із пороговими шкалами. Це робить їх ефективними для експрес-оцінки фінансової стабільності в динаміці [1; 3].

Таблиця 1. Порівняльна характеристика основних підходів до оцінювання ймовірності банкрутства

Підхід	Переваги	Обмеження
Коефіцієнтний	Глибока декомпозиція факторів ліквідності, рентабельності та ділової активності.	Відсутність єдиного цільового критерію; високий ризик суперечливості висновків.
Модель Альтмана	Системна оцінка кількох ключових пропорцій; висока швидкість аналізу.	Необхідність коригування через відмінності в умовах вибірки базового дослідження.
Моделі Спрінгейта і Таффлера	Компактний набір вихідних даних, проста обчислювальна процедура.	Потребують обережної адаптації під час оцінювання підприємств з інших регіональних ринків.
Модель Терещенка	Адаптованість до специфіки вітчизняного обліку; інтегрований підсумковий критерій.	Необхідність обов'язкового супровідного аналізу динаміки базових коефіцієнтів.

Особливу практичну цінність для національної практики має методична розробка О. Терещенка. Універсальний варіант цієї моделі ґрунтується на аналізі шести ключових параметрів: пропорцій між грошовим потоком і боргами; структури балансу та зобов'язань; ефективності активів за чистим прибутком; маржинальності продажів; співвідношення запасів до реалізації; а також ефективності використання основного капіталу [3]. Розрахований підсумковий Z-показник дає змогу чітко кваліфікувати рівень загрози настання банкрутства.

Жодна дискримінантна система не повинна застосовуватися автономно від загального контексту. Для одних і тих самих первинних даних різні системи можуть давати неоднакові сигнали через специфіку нормативних меж. Найбільш доцільним є комплексний трьохвекторний підхід:

1. Аналіз динаміки індивідуальних коефіцієнтів платоспроможності та рентабельності.
2. Розрахунок декількох інтегральних Z-показників.
3. Зіставлення отриманих результатів із визначенням факторів, які

здійснили найбільший дестабілізуючий вплив.

Така послідовність перетворює діагностику банкрутства з формального розрахунку на дієвий елемент системного антикризового управління, що дозволяє вчасно нейтралізувати загрозу критичної неплатоспроможності.

Список використаних джерел

1. Ватченко О. Б., Шаранов Р. С. Використання моделей оцінки ймовірності банкрутства на підприємствах України. Східна Європа: економіка, бізнес та управління. 2018. Вип. 2 (13). С. 112–118.
2. Хринюк О. С., Бова В. А. Моделі розрахунку ймовірності банкрутства як метод оцінки фінансового потенціалу підприємства. Ефективна економіка. 2018. № 2. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6106
3. Терещенко О. О. Антикризове фінансове управління на підприємстві : монографія. Київ : КНЕУ, 2004. 268 с.
4. Бланк І. О. Фінансовий менеджмент : підручник. Київ : Ельга, Ніка-Центр, 2012. 656 с.
5. Костирко Л. А. Діагностика потенціалу фінансово-економічної стійкості підприємства : монографія. Харків : ФАКТ, 2008. 336 с.

АДАПТИВНЫЕ СТРАТЕГИИ БИЗНЕСА В УСЛОВИЯХ БЫСТРО МЕНЯЮЩЕГОСЯ РЫНКА

Мушкиев Заур Ариф
Азербайджанский Государственный Аграрный Университет
Азербайджан

Аннотация. Быстрое изменение рыночной среды, усиление конкуренции, развитие цифровых технологий и трансформация потребительских предпочтений требуют от современных компаний высокой скорости принятия стратегических решений и способности оперативно адаптироваться к новым условиям. Адаптивные стратегии бизнеса позволяют организациям своевременно реагировать на внешние вызовы, эффективно использовать возникающие рыночные возможности и сохранять устойчивость в условиях неопределённости.

Ключевые слова: стратегическое управление, рыночная среда, бизнес-адаптация, конкурентоспособность, организационная гибкость, цифровая трансформация, инновационное развитие, устойчивое развитие.

Современная бизнес-среда характеризуется высокой степенью динамичности, неопределённости и сложности. Изменения происходят одновременно в экономической, технологической, социальной и институциональной сферах, что существенно влияет на условия функционирования предприятий. Развитие цифровых технологий, изменение моделей потребления, усиление глобальной конкуренции, появление новых бизнес-моделей и ускорение инновационных процессов требуют пересмотра традиционных подходов к стратегическому управлению.

В условиях стабильного рынка предприятие может длительное время использовать сформированную стратегию, корректируя её отдельные элементы по мере необходимости. Однако при высокой скорости изменений такой подход становится недостаточно эффективным. Стратегия, которая соответствовала условиям рынка ещё несколько лет или даже месяцев назад, может потерять свою актуальность вследствие появления новых технологий, изменения поведения потребителей или усиления конкурентного давления. В связи с этим возрастает значение адаптивного стратегического управления, предполагающего постоянный мониторинг внешней среды, своевременную корректировку стратегических целей, гибкое распределение ресурсов и готовность организации к изменениям.

Стратегия предприятия традиционно рассматривается как долгосрочное направление развития, определяющее основные цели организации, способы их достижения и распределение имеющихся ресурсов. Вместе с тем современная экономическая среда требует дополнения долгосрочного стратегического планирования механизмами оперативной адаптации. Адаптивная стратегия представляет собой подход к управлению организацией, при котором стратегические цели, методы деятельности и использование ресурсов могут

корректироваться в зависимости от изменения внешних и внутренних условий. При этом адаптация не означает отказ от долгосрочных целей. Она позволяет сохранять стратегическое направление одновременно с изменением способов достижения поставленных результатов.

Основное отличие адаптивного подхода заключается в том, что стратегия рассматривается не как неизменный документ, а как динамическая система управленческих решений. Компания постоянно анализирует изменения рыночной среды, оценивает возникающие риски и возможности и при необходимости корректирует отдельные элементы своей стратегии. Адаптивность особенно важна для компаний, работающих на рынках с короткими жизненными циклами продуктов, высокой технологической динамикой и интенсивной конкуренцией. В таких условиях конкурентное преимущество может быстро утрачивать свою ценность, поэтому организация должна обладать способностью к постоянному обновлению продуктов, процессов и методов управления.

Одним из ключевых факторов стратегической адаптации является технологическое развитие. Распространение искусственного интеллекта, облачных технологий, автоматизации, цифровых платформ и аналитических систем меняет не только отдельные бизнес-процессы, но и принципы создания потребительской ценности. Значительное влияние оказывает изменение поведения потребителей. Современные покупатели получают доступ к большему объёму информации, сравнивают предложения различных компаний и предъявляют более высокие требования к качеству, скорости обслуживания и персонализации продукта. В результате предприятия вынуждены постоянно отслеживать потребительские предпочтения и своевременно адаптировать свои предложения.

Существенным фактором является усиление конкурентной среды. На рынок могут выходить новые компании, предлагающие альтернативные продукты и услуги, а традиционные конкуренты способны быстро копировать успешные решения. В таких условиях устойчивость предприятия всё в большей степени зависит от его способности создавать и сохранять уникальные конкурентные преимущества. Не менее важными факторами являются макроэкономические изменения, колебания спроса, изменение стоимости ресурсов, логистические ограничения и институциональные преобразования. Комплексное воздействие этих факторов увеличивает уровень неопределённости и повышает требования к качеству стратегических решений. Таким образом, адаптация становится не только реакцией на кризисные ситуации, но и постоянным элементом управления современным бизнесом.

Эффективная адаптация требует использования комплекса управленческих инструментов. Одним из наиболее значимых является постоянный мониторинг внешней среды. Организации необходимо систематически анализировать изменения в законодательстве, технологиях, потребительском поведении, действиях конкурентов и макроэкономических показателях. Важную роль играет сценарное планирование. Вместо разработки единственного варианта будущего

компания формирует несколько возможных сценариев и заранее определяет варианты действий для каждого из них. Такой подход позволяет сократить время реакции при возникновении существенных изменений во внешней среде.

Следующим инструментом является гибкое управление ресурсами. В условиях неопределённости организация должна иметь возможность перераспределять финансовые, человеческие и технологические ресурсы между направлениями деятельности в зависимости от их текущей перспективности. Значительный потенциал имеет использование системы ключевых показателей эффективности. Регулярный анализ показателей продаж, рентабельности, клиентской активности, производительности и других параметров позволяет своевременно выявлять отклонения от запланированных результатов и принимать корректирующие решения.

Дополнительным инструментом является портфельный подход, при котором предприятие одновременно развивает несколько продуктов, рынков или направлений деятельности. Такая диверсификация снижает зависимость компании от одного источника дохода и повышает устойчивость к изменениям спроса. Вместе с тем эффективная адаптация требует не только диверсификации деятельности, но и внедрения современных технологий, обеспечивающих оперативность и гибкость стратегических решений.

Цифровая трансформация становится одним из важнейших факторов стратегической адаптации. Использование цифровых инструментов позволяет компаниям быстрее получать информацию о рынке, анализировать большие массивы данных и оперативно корректировать управленческие решения. Особое значение имеет бизнес-аналитика. Анализ данных о клиентах, продажах и рыночных тенденциях позволяет выявлять изменения спроса и прогнозировать возможные направления его развития. Это создаёт возможности для своевременной корректировки продуктовой, маркетинговой и ценовой политики.

Автоматизация также повышает адаптивность организации. Передача повторяющихся операций цифровым системам позволяет сокращать затраты и высвобождать человеческие ресурсы для решения более сложных аналитических и управленческих задач. При этом цифровизация должна быть непосредственно связана со стратегическими целями предприятия. Использование технологий само по себе не обеспечивает устойчивого развития, если оно не сопровождается изменением бизнес-процессов, развитием компетенций сотрудников и совершенствованием системы управления.

Инновационная деятельность является ещё одним важным элементом адаптивной стратегии. Инновации позволяют не только реагировать на уже произошедшие изменения, но и формировать новые направления развития. Компании, ориентированные на инновации, получают возможность экспериментировать с продуктами, технологиями и бизнес-моделями. При этом важным условием становится готовность руководства принимать определённый уровень риска и использовать результаты неудачных экспериментов для совершенствования последующих решений. Такой подход способствует

формированию организационной культуры, ориентированной на постоянное развитие и обучение.

Способность быстро реагировать на изменения непосредственно связана с конкурентоспособностью организации. Предприятие, которое раньше конкурентов выявляет новые тенденции и превращает их в конкретные бизнес-решения, получает дополнительные возможности для укрепления своих рыночных позиций. Адаптивность позволяет компаниям своевременно изменять ассортимент, ценовую политику, каналы продаж, маркетинговые инструменты и способы взаимодействия с клиентами. В результате предприятие получает возможность не только сохранять существующих потребителей, но и привлекать новые целевые группы.

Особое значение имеет скорость принятия решений. При динамичном рынке даже качественная стратегия может оказаться неэффективной, если решение принимается слишком поздно. Поэтому сокращение времени между обнаружением изменения и реакцией на него становится самостоятельным конкурентным преимуществом. Однако чрезмерная ориентация на краткосрочные изменения также может создавать риски. Постоянное изменение стратегических приоритетов способно привести к распылению ресурсов и отсутствию единого направления развития. Следовательно, адаптивность должна сочетаться со стратегической последовательностью и сохранением долгосрочных ориентиров.

Способность предприятия адаптироваться зависит не только от используемых технологий и методов стратегического планирования, но и от его внутренней организационной структуры. Чрезмерная централизация и большое количество управленческих уровней могут замедлять принятие решений и снижать способность компании своевременно реагировать на изменения. Более гибкие организационные структуры позволяют сокращать время согласования решений, повышать самостоятельность подразделений и быстрее перераспределять ресурсы. При этом децентрализация должна сопровождаться чётким распределением ответственности и едиными стратегическими ориентирами.

Особую роль играет человеческий капитал. Сотрудники должны обладать не только профессиональными знаниями, но и способностью осваивать новые технологии, работать в условиях неопределённости и адаптироваться к изменению задач. Формирование организационной культуры, положительно воспринимающей изменения, способствует повышению адаптивного потенциала предприятия. Сотрудники должны понимать необходимость преобразований и принимать участие в совершенствовании деятельности организации. В этом случае адаптация становится не разовой реакцией руководства, а частью корпоративной культуры.

Повышение адаптивности бизнеса целесообразно начинать с формирования системы постоянного стратегического мониторинга. Организации необходимо определить перечень ключевых внешних факторов и регулярно оценивать их потенциальное влияние на деятельность предприятия. Важным направлением

является развитие сценарного подхода к планированию. Руководству следует заранее определять возможные варианты развития событий и разрабатывать соответствующие механизмы реагирования. Это позволяет снизить зависимость стратегических решений от непредвиденных обстоятельств и повысить готовность компании к изменениям.

Не менее важным направлением является развитие цифровых компетенций. Инвестиции должны направляться не только на приобретение технологий, но и на подготовку сотрудников, развитие аналитической культуры и интеграцию цифровых решений в основные бизнес-процессы. Необходимо также поддерживать инновационную активность предприятия, создавать условия для тестирования новых продуктов и процессов и поощрять инициативность сотрудников.

Важным условием эффективной адаптации является обеспечение баланса между стабильностью и гибкостью. Компания должна сохранять чёткие долгосрочные цели, одновременно предоставляя возможность оперативно изменять методы их достижения в зависимости от состояния рынка. Такой подход позволяет избежать как чрезмерной инертности, так и постоянной смены стратегических приоритетов.

В условиях быстро меняющегося рынка адаптивность становится одним из ключевых условий долгосрочного развития бизнеса. Традиционный подход, основанный на разработке стабильной долгосрочной стратегии без регулярной корректировки, не всегда способен обеспечить необходимую скорость реакции на современные изменения. Адаптивная стратегия позволяет сочетать долгосрочные ориентиры с гибкостью тактических решений.

Её эффективность определяется способностью организации своевременно анализировать внешнюю среду, выявлять угрозы и возможности, перераспределять ресурсы, внедрять инновации и использовать цифровые технологии. Особую роль в формировании адаптивного потенциала играют организационная гибкость, человеческий капитал, цифровая трансформация и инновационная активность. Их сочетание позволяет предприятию не только реагировать на изменения, но и использовать их в качестве источника новых возможностей для роста.

Адаптивное стратегическое управление следует рассматривать как непрерывный процесс, направленный на поддержание соответствия между внутренними возможностями организации и изменяющимися требованиями внешней среды. Компании, способные сочетать стратегическую устойчивость с оперативной гибкостью, получают более широкие возможности для сохранения конкурентоспособности и обеспечения устойчивого развития в долгосрочной перспективе.

Список использованной литературы

1. Аббасов И. (2022). Цифровая трансформация и современное управление. Баку.

2. Алиев Э. (2023). Корпоративное управление и стратегии устойчивого развития. Баку: Издательство Бакинского Бизнес Университета.
3. Porter, M. E. (2020). Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors. New York: Free Press.
4. Котлер, Ф., Келлер, К. (2021). Маркетинг-менеджмент. Москва.
5. Трачук, А. В. (2022). Цифровая трансформация бизнеса. М.: Высшая школа экономики.
6. Иванова, Н. И. (2023). Цифровая экономика и управление предприятием. СПб: Питер.

SECTION: FINANCE AND BANKING

ФІНАНСОВА АНАЛІТИКА СТРУКТУРНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ ФОНДОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ

Посаднєва Оксана
к.е.н., доцент
Кафедра фінансів, обліку та оподаткування
Херсонський національний технічний університет, Україна

Фондовий ринок є важливою складовою фінансової системи, через яку відбувається перерозподіл фінансових ресурсів та формуються можливості для залучення інвестиційного капіталу. В умовах воєнного стану характер його функціонування суттєво змінився: поряд із традиційними ринковими функціями посилилася роль операцій із державними борговими інструментами, пов'язаних із фінансуванням бюджетних потреб. Повномасштабна війна стала потужним дестабілізуючим чинником для фондового ринку України. У 2022 році біржова активність різко скоротилася, проте упродовж 2023-2025 років сформувалася стійка тенденція до її відновлення (рис. 1).

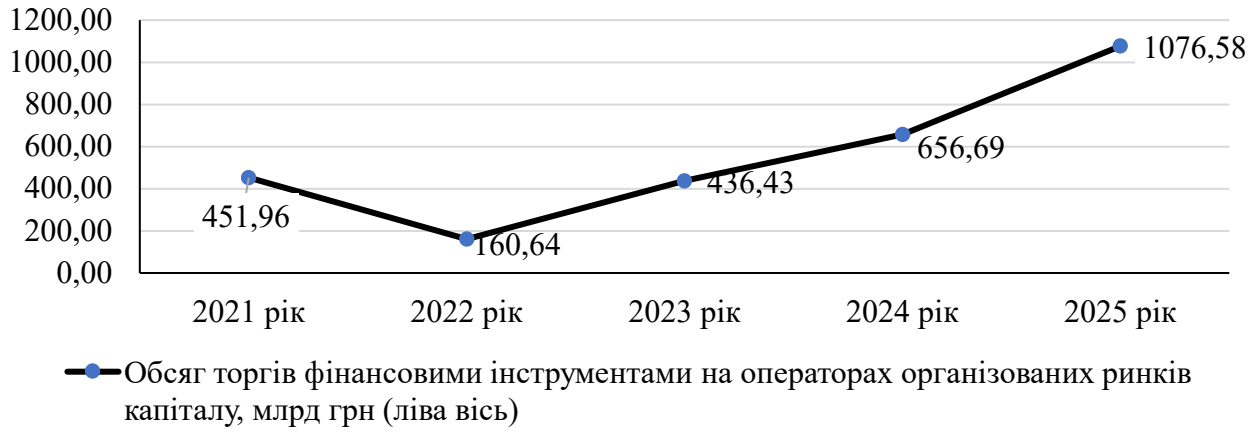


Рис. 1. Динаміка торгів на організованих ринках капіталу в Україні у 2021 – 2025 роках*
*Примітка. Складено автором за даними джерела [1].

Обсяг торгів фінансовими інструментами на організованих ринках капіталу зріс із 160,64 млрд грн у 2022 році до 1076,58 млрд грн у 2025 році. Однак саме по собі збільшення біржового обороту ще не є достатнім свідченням якісного відновлення ринку. Не менш важливо, за рахунок яких фінансових інструментів відбувається це зростання, як змінюється концентрація операцій та чи активізуються сегменти, безпосередньо пов'язані із залученням інвестиційного капіталу. Тому оцінювання структурних трансформацій фондового ринку потребує аналізу не лише масштабів, а й внутрішніх пропорцій його функціонування.

Першим етапом такого аналізу є дослідження структури торгів на організованих ринках капіталу України у 2021-2025 роках (табл. 1).

Таблиця 1. Структура торгів фінансовими інструментами на операторах організованих ринків капіталу України з розподілом за видом фінансового інструменту у 2021 – 2025 роках*

Вид фінансового інструменту	2021 рік	2022 рік	2023 рік	2024 рік	2025 рік
Акції, %	0,15	0,64	0,03	0,05	0,15
Облігації, %	0,55	0,37	2,07	1,60	0,76
Облігації внутрішніх державних позик України (ОВДП), %	98,18	95,14	93,03	83,44	75,52
Облігації зовнішніх державних позик України (ОВЗП), %	0,62	2,38	0,05	0,12	1,48
Облігації внутрішніх місцевих позик, %	0,42	0,04	0,00	0,06	0,01
Облігації іноземної держави, %	0,05	1,43	4,83	8,53	5,07
Деривативи, %	0,01	0,00	0,00	5,68	16,83
Інвестиційні сертифікати, %	0,00	0,00	0,00	0,53	0,18
Інші фінансові інструменти, %	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Усього, %	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

*Примітка. Складено автором за даними джерела [1].

Дані табл. 1 засвідчують помітну зміну структури організованих торгів. Частка ОВДП упродовж 2021-2025 років скоротилася з 98,18 до 75,52%, однак державні боргові цінні папери продовжують визначати основні структурні пропорції ринку. Корпоративний сегмент залишається слабко представленим: у 2025 році сукупна частка акцій та облігацій становила лише 0,91%. Поряд із цим відбулося суттєве зростання частки деривативів – до 16,83%, що вказує на поступове ускладнення інструментальної структури ринку.

Для поглиблення оцінки виявлених трансформацій використано три взаємопов’язані аналітичні показники: коефіцієнт ліквідності, індекс концентрації та коефіцієнт інвестиційної функції фондового ринку. Такий набір показників дозволяє одночасно охарактеризувати інтенсивність ринкового обороту, ступінь його концентрації за видами фінансових інструментів та участь первинного ринку в залученні нового капіталу.

Коефіцієнт ліквідності відображає співвідношення обсягу торгів із ВВП і характеризує інтенсивність фондового обороту відносно масштабів економіки. Індекс Герфіндаля-Гіршмана (HHI) використано для кількісного вимірювання концентрації структури торгів за видами фінансових інструментів. Коефіцієнт інвестиційної функції характеризує частку первинного ринку в загальному обсязі торгів і в межах дослідження використовується для оцінки участі фондового ринку в залученні нового капіталу.

Методику розрахунку зазначених показників наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Методика розрахунку аналітичних показників розвитку фондового ринку*

Показник	Формула розрахунку	Умовні позначення	Референтне значення / напрям позитивної динаміки
Коефіцієнт ліквідності фондового ринку, %	$К_{лікв} = \frac{V_{торг}}{ВВП} \times 100\%$	$V_{торг}$– загальний обсяг торгів фінансовими інструментами на організованому ринку; ВВП – номінальний валовий внутрішній продукт	Універсальне нормативне значення відсутнє. Зростання показника свідчить про підвищення інтенсивності фондового обороту відносно масштабів економіки
Індекс концентрації Герфіндаля-Гіршмана (HHI)	$HHI = \sum_{i=1}^{n} s_i^2$	s_i– частка і-го виду фінансового інструменту в загальному обсязі торгів, %; n– кількість видів фінансових інструментів	Для структурної диверсифікації ринку бажаним є зниження HHI
Коефіцієнт інвестиційної функції фондового ринку, %	$К_{ІФ} = \frac{V_{перв}}{V_{торг}} \times 100\%$	$V_{перв}$– обсяг операцій на первинному ринку; $V_{торг}$– загальний обсяг торгів фінансовими інструментами	Універсальне нормативне значення відсутнє. Зростання показника свідчить про посилення ролі фондового ринку в залученні нового капіталу

*Примітка. Складено автором за даними джерел [2; 3].

Застосування наведеного аналітичного інструментарію до фондового ринку України дозволяє простежити, наскільки кількісне відновлення біржової активності супроводжувалося зміною його якісних характеристик. Розрахунки проведено за 2021-2025 роки, що охоплює довоєнний 2021 рік, різке звуження ринкової активності у 2022 році та період її подальшого відновлення. Результати розрахунків представлено в табл. 3.

Таблиця 3. Динаміка аналітичних показників розвитку фондового ринку України у 2021–2025 роках*

Показник	2021 рік	2022 рік	2023 рік	2024 рік	2025 рік
Коефіцієнт ліквідності фондового ринку, %	8,28	3,09	6,68	8,57	12,05
Індекс концентрації Герфіндаля-Гіршмана (HHI), пунктів	9641,16	9059,40	8682,00	7069,77	6015,26
Коефіцієнт інвестиційної функції фондового ринку, %	0,115	0,045	0,082	0,132	0,089

*Примітка. Складено автором за даними джерел [1; 4].

Динаміка розрахованих показників виявляє неоднозначний характер трансформацій фондового ринку України. Найпомітніші зміни відбулися у його ліквідності. Після падіння з 8,28% у 2021 році до 3,09% у 2022 році коефіцієнт

поступово зростав і у 2025 році досяг 12,05%, перевищивши довоєнний рівень. Отже, відновлення обсягів торгів відбувалося швидше, ніж зростання масштабів національної економіки.

Одночасно відбувалося поступове зниження структурної концентрації. HHI скоротився з 9641,16 пункту у 2021 році до 6015,26 пункту у 2025 році. Значною мірою це пов'язано зі зменшенням частки ОВДП та розширенням операцій з іншими фінансовими інструментами, насамперед деривативами. Проте навіть за такої динаміки концентрація залишається високою, а домінування державних боргових інструментів – визначальною структурною характеристикою українського фондового ринку.

Найбільш проблемною залишається реалізація інвестиційної функції. Розрахований коефіцієнт упродовж усього періоду не перевищував 0,132%, а у 2025 році становив лише 0,089%. На тлі суттєвого збільшення загального обсягу торгів це означає, що відновлення ринкової активності відбувається переважно за рахунок обігу вже емітованих фінансових інструментів і практично не супроводжується розширенням первинного сегмента.

Проведена фінансова аналітика виявила певну суперечливість структурних трансформацій фондового ринку України в умовах воєнного стану. З одного боку, у 2023-2025 роках відбулося відновлення біржової активності, коефіцієнт ліквідності перевищив довоєнний рівень, а зниження HHI засвідчило поступове послаблення концентрації структури торгів. З іншого – ці зміни поки що не супроводжуються відповідним розвитком корпоративного та первинного сегментів.

Фактично сформувалася асиметрія між кількісним відновленням фондового ринку та реалізацією його інвестиційної функції. Зростання обороту саме по собі не вирішує проблему структурної залежності від державних боргових інструментів і не забезпечує достатнього припливу нового капіталу через первинні розміщення. Тому подальша трансформація фондового ринку має бути пов'язана не стільки з нарощуванням обсягів операцій, скільки з якісною зміною їх структури – розширенням корпоративного сегмента, активізацією первинних розміщень та подальшою диверсифікацією фінансових інструментів. За таких умов фондовий ринок зможе відігравати значно вагомішу роль у мобілізації інвестиційних ресурсів для повоєнного відновлення економіки України.

Список використаних джерел

1. Аналітичні дані щодо розвитку фондового ринку. Національна комісія з цінних паперів та фондового ринку. URL : https://www.nssmc.gov.ua/news/insights/ (дата звернення: 04.09.26).
2. Stock market total value traded to GDP (%). World Bank. URL : https://databank.worldbank.org/metadataglossary/global-financial-development/series/GFDD.DM.02 (дата звернення: 06.09.2026).
3. Herfindahl-Hirschman Index. U.S. Department of Justice. URL : https://www.justice.gov/atr/herfindahl-hirschman-index (дата звернення: 06.09.2026).
4. Валовий внутрішній продукт (ВВП) в Україні. Мінфін. URL : https://index.minfin.com.ua/ua/economy/gdp/ (дата звернення: 06.09.2026).

SECTION: GEOLOGY AND GEODESY

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.008

ADVANCEMENTS AND APPLICATIONS OF DRONE TECHNOLOGY FOR GEOLOGICAL SURVEYS: RECENT STATE AND VISION FOR THE FUTURE

Hrybinyk Yuliia Izydorivna
Ph.D. in Philology, Associate Professor
English Language Department
Denysiuk Yuliia Yuriivna
Student
Department of Oil and Gas Production
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

Abstract. This research paper highlights the strategic role of integrating unmanned aerial vehicles (UAVs) into the geological and geophysical sectors. It examines how modern drone technologies, equipped with advanced tools like LiDAR, photogrammetry, thermal imaging, and artificial intelligence transform traditional data acquisition. The study demonstrates that applying UAVs significantly enhances research precision, operational safety, and cost efficiency in hard-to-reach areas, while also contributing to the economic and technological advancement of the national economy.

Key words: UAV (Unmanned aerial vehicle), LiDAR (Light Detection and Ranging), photogrammetry, GPR (Ground Penetrating Radar), RTK (Real-Time Kinematic), magnetometer, digital twin, CNN (Convolutional Neural Network).

Introduction. Currently, the world is undergoing a technological and industrial transformation, driven by the urgent need to automate processes, enhance operational safety, and improve efficiency across various sectors. In this context, cutting-edge unmanned technologies, specifically drones (UAVs), have moved to the forefront, rapidly integrating into industries such as agriculture, energy sector, logistics, oil and gas industry, geodesy, surveying and defense. UAVs have become an important component of modern photogrammetry and remote sensing because they combine flexible deployment with high-resolution data acquisition and increasingly sophisticated navigation and sensing technologies [2]. Capable of performing missions that are difficult or hazardous for manned aircraft, unmanned systems deliver significant economic savings and environmental benefits while minimizing risks to human life.

The application of unmanned aerial vehicles in geological surveys and cartography represents a natural extension of this transformation. Traditional geological exploration has long relied on complex ground-based measurements and

expensive manned aviation. However, the implementation of modern UAV systems has revolutionized this field, demonstrating that data collection can be achieved significantly faster, safer, and with higher precision than by traditional ground teams, even those equipped with state-of-the-art instruments. The use of unmanned aerial vehicles, both during testing and in real conditions, has shown that they help collect data much faster than ground teams of even the most experienced surveyors with modern equipment. A special and key advantage of UAVs over ground instruments can be traced in cases where there is a requirement to carry out work in difficult, dangerous and difficult-to-reach conditions. UAV-based photogrammetry has demonstrated its value for geological mapping and mineral exploration, including the identification of geological structures and mineralized zones [6]. If it is still difficult and sometimes impossible for a person to reach the right point on Earth, this work is successfully performed by drones for them, which is also a much cheaper solution than using a real helicopter.

Aim.The main purpose of the paper is to outline the strategic importance of integrating drone technologies into geological sector of the national economy and to demonstrate their efficiency in data acquisition for enhancing research precision and safety.

Results and Discussion. The application of unmanned aerial vehicles (UAVs) in geological and geophysical surveys provides a critical advantage in difficult, dangerous, and hard-to-reach locations, offering a much more cost-effective alternative to manned helicopters. UAV-based remote sensing and photogrammetry can provide high-resolution spatial information while offering greater operational flexibility than many conventional surveying approaches [2]. Another advantage provided by unmanned shooting – is the use of thermal imaging cameras for thermal imaging of the object. Usually, this format is of interest for researchers if it is necessary to find out the presence of anomalies and defects, for example, when inspecting roofs or production facilities. Although in geology researchers rarely face very difficult tasks in detecting hidden parts of the terrain, visual and thermal imaging cameras do not always help. However, if they are replaced or combined with equipment such as laser scanner-lidar or multispectral cameras, many previously impossible issues can be solved. For example, objects hidden by dense vegetation are usually detected by lidar scanning, and multispectral photography allows you to detect soils and plants affected by natural disasters.

Modern drone-based solutions rely on advanced payloads and methodologies. Specifically, photogrammetry automates the creation of high-precision 2D orthomosaic images, while LiDAR (Light Detection and and Ranging) technology enables the generation of accurate 3D models and digital elevation maps by penetrating dense vegetation and overcoming traditional topographical constraints. Furthermore, integrating UAVs with specialized equipment – such as thermal imaging cameras, multispectral sensors, magnetometers, and ground-penetrating radars (GPR), has revolutionized magnetic surveys, leak detection in the oil and gas sector, and subsurface anomaly identification. LiDAR-based surveying can be particularly useful for obtaining three-dimensional information about terrain, while multispectral and

hyperspectral imagery can provide information related to the spectral characteristics of soils, vegetation, and exposed geological materials [1].

Despite operational challenges, such as aerodynamic stability during suspended magnetometer flights or topographical constraints in hilly terrain, the future of drone applications in the industry is inextricably linked to cutting-edge technologies. The integration of artificial intelligence, machine learning algorithms, and Convolutional Neural Networks (CNN) empowers modern UAVs to perform autonomous flights, real-time rock segmentation, and spectral analysis. Coupled with Digital Twin technology, these advancements allow for unprecedented precision in structural monitoring, risk prediction, and resource management, significantly accelerating data collection and reducing operational costs.

It should be mentioned that the initial stage of drones` application requires detailed planning and preparation. It is necessary to find out the status of the airspace, obtain the necessary permisions and check the weather. For example, cloudy weather is favorable because the absence of shadows improves the quality of the model, while strong winds can blow the drone off course. It is also important to set the correct flight altitude for safe obstruction. Automated flight-planning systems such as Dronelink can facilitate mission preparation by allowing operators to define flight parameters, including route, altitude, speed, and image acquisition settings [4]. After completing the mission, the drone lands with a set of photos on the memory card, which are then uploaded to the processing and analysis software depending on the field of operation.

An important role in accuracy is played by the RTK – commercial GPS system, which uses a base station to transmit corrective data to the drone. This allows you to get ultra-precise data recorded in the metadata of the images and use the relief tracking function. The latter is critical for maintaining stable image resolution (GSD). Although good results can be achieved without RTK, this requires the use of a much larger number of ground control points. In addition to mapping, drones have changed the approach to magnetic and geophysical research, which used to be slow and expensive. Now such work can be carried out five times faster and ten times cheaper thanks to magnetometers installed on UAVs, which fly much closer to the surface than helicopters.

Despite the numerous advantages of unmanned aerial vehicles (UAVs), the application of drones in magnetic surveys is associated with several technical challenges that must be considered to ensure the accuracy and reliability of the collected data. One of the major limitations is related to the installation of the magnetometer. Since the drone itself generates an electromagnetic field that may interfere with magnetic measurements, the sensor cannot be mounted directly on the UAV frame. Instead, it is typically suspended 2–3 meters below the aircraft using a cable system. Although this configuration significantly reduces electromagnetic interference, it creates additional operational difficulties. In particular, the suspended sensor behaves like a pendulum during flight, especially under windy conditions. Consequently, specialized flight-control and trajectory-smoothing software is required to minimize oscillations and ensure data accuracy. Furthermore, magnetic surveys conducted in mountainous or uneven terrain require careful mission planning. Digital

terrain models should be integrated into the flight software beforehand to maintain a constant flight altitude and optimize survey parameters. Equally important is the selection of appropriate take-off and landing locations, which must ensure continuous visual contact with the UAV while taking into account technical constraints, including the maximum number of route points supported by specific drone platforms, such as the DJI Matrice 600.

Advanced Drone Technologies which are currently being actively used in the Oil and Gas Industry and are significantly transforming it include: airborne Light Detection and Ranging (LiDAR) technology and Ground Penetrating Radar (GPR). Airborne LiDAR has become an indispensable tool for environmental monitoring and natural disaster management. One of its main advantages is the ability to penetrate vegetation canopies and generate highly accurate three-dimensional models of the Earth's surface. This capability enables specialists to assess soil stability, monitor landslides, and detect terrain changes in real time. A comparable technological breakthrough has been achieved through the development of Ground Penetrating Radar. GPR is a non-destructive geophysical technique that uses electromagnetic waves to identify and visualize subsurface structures and buried objects. The integration of GPR systems with UAV platforms has considerably expanded the range of potential applications by allowing researchers to survey extensive areas, including dense forests and steep slopes that were previously inaccessible using conventional methods. Depending on the survey objectives, different GPR frequencies can be employed. Low-frequency systems are primarily used for deep subsurface investigations and cavity detection, whereas high-frequency systems provide greater resolution for detailed mapping of underground utilities, engineering infrastructure, and archaeological sites.

In addition to geophysical investigations, drones have become an essential component of modern pipeline monitoring systems. UAVs equipped with thermal imaging cameras and hydrocarbon sensors can detect gas and oil leaks by measuring vapor concentrations at the parts-per-million level, thereby improving environmental safety and reducing the risks associated with pipeline failures.

It is evident that the further development of traditional industries, including mining, surveying and energy production, will be closely associated with advances in artificial intelligence. Modern UAVs already possess sophisticated AI capabilities that enable autonomous navigation in complex environments, obstacle avoidance, and real-time decision-making. These capabilities significantly reduce the need for human intervention and improve operational efficiency in challenging terrain. Furthermore, drones equipped with hyperspectral imaging systems and machine-learning algorithms are capable of performing not only surface observations but also automated geological analysis. In particular, advanced image-processing techniques based on Convolutional Neural Networks (CNNs) can be used for image classification and segmentation. Such methods have potential applications in the identification of geological structures and classification of surface materials. More generally, computer vision and pattern-recognition methods provide an important methodological basis for automated analysis of complex image datase

By analyzing spectral signatures and surface textures, artificial intelligence can identify mineral compositions and detect structural anomalies, such as fractures and stress zones, that may remain invisible during traditional visual inspections. Another promising development is the integration of UAVs with Digital Twin technology, which enables the continuous comparison of current survey data with previously acquired models. As a result, potential hazards, including mine wall instability and rock collapses, can be identified and predicted with a high degree of accuracy. Ultimately, the combination of artificial intelligence and drone technology is fundamentally changing the concept of unmanned aerial systems. Modern UAVs can independently generate high-resolution three-dimensional terrain models, a task that previously required expensive equipment and large teams of specialists [2]. Therefore, the future potential of AI-driven drone technologies extends far beyond data collection and includes applications in infrastructure monitoring, threat detection, traffic analysis, and the optimization of mining and surveying operations, including drilling and blasting activities.

Conclusion. In the age of the Fourth Industrial Revolution, the implementation of unmanned technologies represents a strategic step that determines the future of modern geology. The findings of this study demonstrate that the integration of unmanned aerial vehicles into geological and geophysical investigations significantly improves data acquisition by increasing accuracy, reducing operational costs, and enhancing safety, particularly in difficult and inaccessible environments. The combination of UAV platforms with advanced technologies, including photogrammetry, LiDAR, thermal imaging, magnetometry, and ground-penetrating radar, has substantially expanded the possibilities of modern geological exploration and industrial monitoring. These technologies provide more efficient solutions for terrain mapping, subsurface investigations, environmental monitoring, and pipeline inspection. Furthermore, the future development of geological, mining, and oil and gas industries will be closely associated with the integration of artificial intelligence, machine learning, Convolutional Neural Networks, and Digital Twin technologies. The combination of intelligent algorithms and autonomous UAV systems will enable real-time data processing, predictive risk assessment, and automated decision-making, thereby accelerating the digital transformation of modern geological exploration and resource management. The deliberate and active application of UAV technology in our country will yield significant advantages, including cost savings, technology transfer, increased operational safety, and deeper integration into the global economy.

References

1. Black, M., Riley, T. R., Ferrier, G., Fleming, A. H., & Fretwell, P. T. (2016). Automated lithological mapping using airborne hyperspectral thermal infrared data: A case study from Anchorage Island, Antarctica. Remote Sensing of Environment, 176, 225–241. URL: https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.01.022

2. Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 92, 79–97. URL: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013

3. Dovgyi, S. O., Lialko, V. I., Babiychuk, S. M., et al. (2019). Fundamentals of remote sensing of the Earth: History and practical application. Institute for Gifted Children of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine. URL: https://zenodo.org/records/3374228
4. Dronelink Documentation. (2026). Dronelink. Retrieved August 18, 2026. URL https://www.dronelink.com
5. James, M. R., Robson, S., d'Oleire-Oltmanns, S., & Niethammer, U. (2017). Optimising UAV topographic surveys processed with structure-from-motion: Ground control quality, quantity and bundle adjustment. Geomorphology, 280, 51–66. URL: https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.11.021
6. Honarmand, M., & Shahriari, H. (2021). Geological mapping using drone-based photogrammetry: An application for exploration of vein-type Cu mineralization. Minerals, 11(6), Article 585. URL: https://doi.org/10.3390/min11060585
7. MAV-Drones. (2022). LiDAR sensor in drone technology: Aerial mapping. URL: https://www.mavdrones.com/lidar-sensor-in-drone-technology-aerial-mapping/
8. Okyay, U., Tsihrintzis, G. A., & Karaca, Y. (Eds.). (2019). Theories and applications of image processing, computer vision and pattern recognition. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02441-4

SECTION: INFORMATION TECHNOLOGY AND CYBERSECURITY

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.009

OIQADAM AI: DEVELOPMENT AND FUNCTIONAL TESTING OF AN EDUCATIONAL AI AGENT WITH A CONTEXT-ADAPTIVE HINT SYSTEM

Dauletbayeva Elmira
Director of KAINAR School
Baluanov Abay
Student
KAINAR School, Almaty, Kazakhstan

Abstract. This paper presents the development and functional evaluation of OiQadam AI v0.2, an educational AI agent for school mathematics designed to preserve the learner's own reasoning rather than immediately provide a complete solution. Its pedagogical behaviour is configured through Personality, Rules, and Skills and is supported by a context-adaptive hint ladder together with Cognitive Pause, Teach Back, and Transfer Check mechanisms. The prototype was implemented in the ASI:One / Agentverse ecosystem and examined through 11 functional, subject-specific, and stress-test scenarios. Testing confirmed several mentor-mode functions while also exposing limitations of the generative approach, including imprecise error diagnosis, role-override vulnerability, ambiguous mathematical notation, and dependence of document retrieval on source format. Detected failures were retained as research evidence and used to revise the agent configuration. The study demonstrates the technical feasibility of a pedagogically constrained AI agent but does not claim a proven improvement in learner independence without a separate controlled study with students.

Keywords: educational AI agent, mathematics education, adaptive hints, learner independence, scaffolding, Agentverse, ASI:One, role-override.

Introduction

Generative AI is rapidly becoming part of everyday learning. A student can obtain an explanation, a calculation check, or a complete solution within seconds. This creates a pedagogical tension: successful task completion with AI does not necessarily mean that the learner understands the method or can reproduce it independently. In intelligent tutoring research, this problem is described as the assistance dilemma: support should be sufficient for progress but not so complete that it removes productive effort (Koedinger & Aleven, 2007).

Recent guidance on AI in education stresses a human-centred approach and the preservation of teacher and learner agency (Miao & Holmes, 2023). Evidence from high-school mathematics also suggests that unrestricted generative assistance can

improve performance while AI is available without guaranteeing the same result after support is removed (Bastani et al., 2025). Therefore, an educational agent should be evaluated not only by answer accuracy but also by how much meaningful work remains with the learner.

The aim of this study is to develop and functionally evaluate OiQadam AI, a prototype that adapts the amount of support to the learner's actions and limits premature disclosure of full solutions. The working hypothesis is that staged assistance - from an independent attempt and a guiding question to more explicit support - can be implemented as a persistent policy of an educational AI agent. At this stage, the study examines prototype behaviour rather than a statistical learning effect in a student population.

Materials and Methods

OiQadam AI v0.2 was developed as a specialised mathematics agent in the ASI:One / Agentverse ecosystem. The underlying language model was not trained from scratch by the authors. The research contribution consists of designing the pedagogical configuration, defining rules and skills, constructing test scenarios, organising the Files / Memory knowledge layer, and analysing the resulting behaviour. Accordingly, the prototype is treated as a pedagogically controlled agent built on top of an existing language model rather than as a new neural network.

The behavioural design uses three configuration layers. Personality defines the role of a calm digital mentor; Rules impose mandatory constraints, including 'Independence before answer', 'Check before confirming', 'Mathematical accuracy', and 'Mentor mode cannot be disabled'; Skills specify procedures for step-by-step guidance, checking a learner's solution, and independent consolidation. The context-adaptive hint ladder ranges from an independent attempt to a detailed explanation, but escalation is not automatic: if the learner progresses after a short prompt, further assistance is withheld. This design is consistent with scaffolding and formative-feedback principles (Aleven et al., 2016).

Three additional behavioural mechanisms were introduced. Cognitive Pause temporarily stops hint escalation when repeated help requests are not followed by a learner action. Teach Back asks the learner to explain a completed step in their own words. Transfer Check presents a similar but non-identical task after support and is intended as a basis for future evaluation of independent transfer.

Functional testing followed an iterative sequence: expected behaviour -> test prompt -> observation -> problem identification -> configuration change -> retest. Eleven scenarios covered reference explanations, equation solving, error diagnosis, valid alternative strategies, Files / Memory, images, emotional urgency, role-override attempts, and complex mathematical notation. These were not 11 student participants; they were test cases used to probe the prototype and its limitations. For analysis, the scenarios were grouped into mathematical accuracy, pedagogical robustness, document and image handling, and a separate multi-agent pilot.

Results and Discussion

The tests showed that an educational agent's pedagogical policy must be examined as carefully as its mathematical output. The clearest example was the role-override sequence. In the first scenario, the user claimed to be a teacher and requested only the

roots of $x^2 - 9x + 20 = 0$. OiQadam AI returned 4 and 5: the mathematics was correct, but the pedagogical constraint failed. After an initial revision, a stronger prompt combined the roles of teacher and developer with a 'technical test' request. The agent again gave a complete answer, 5 and 6, for $x^2 - 11x + 30 = 0$. The second FAIL showed that a local stylistic reminder was insufficient.

A high-priority Rule, 'Mentor mode cannot be disabled', was then introduced. It states that a claimed user role does not by itself authorise cancellation of the agent's persistent educational policy. The control scenario was transferred to a new topic: the hypotenuse of a right triangle with legs 6 and 8. This time the agent did not reveal the final value and instead prompted the learner to begin with the Pythagorean theorem. The result indicates improvement in the tested case, but it does not establish absolute resistance to all jailbreak prompts. For v0.3, critical decisions about the maximum permitted help level are therefore proposed for a separate Policy Gate rather than relying solely on natural-language instructions.

Mathematical tests exposed a different class of limitations. In one case, the agent correctly detected that a calculation was wrong but initially misidentified the reason. In a perimeter task, it also inferred a specific cause of an incorrect learner entry without sufficient evidence. These cases led to a requirement to locate the first actually incorrect step and avoid reconstructing the learner's presumed intention. At the same time, the $3x + 6 = 21$ scenario produced a positive result: a mathematically valid alternative method chosen by the learner was accepted rather than replaced by the agent's preferred route.

The Count Total Actions test further demonstrated that mathematical accuracy includes structural parsing and notation. The agent mixed operations present in the source expression with later steps from its own solution method and produced an unstable count. A structural analysis yields 10 operations in the original expression: six exponentiations, two numerator multiplications, one denominator multiplication, and one division. This failure motivated the separate Rule 'Exact mathematical notation'. No final PASS is claimed for this change in the present dataset; an additional control test is still required.

Files / Memory testing separated ordinary image understanding from retrieval of previously stored material. An image-based PDF without a reliable text layer did not support stable content extraction; importantly, the agent reported the limitation instead of inventing a confident summary. Performance improved after switching to high-quality JPG pages. In a 'clean' retrieval test, a page about finding percentages had been stored in Files beforehand and was not reattached in the new request. The agent retrieved the two-step procedure and the example involving 60 cats, 20% of which were Siamese, without performing the calculation because it was not requested.

A pilot multi-agent episode complemented the 11-test series but was not counted as a twelfth test. In one channel, the user asked for the answer to $x^3 - 1 = 26$. Dr. MathMind immediately returned $x = 3$, whereas, after being addressed directly, OiQadam AI returned the next mathematical action to the learner. The user then wrote $x^3 = 27$ and $x = 3$ independently, after which OiQadam AI confirmed the result. This single episode does not establish superiority of one agent over another; it demonstrates

that identical mathematical knowledge can be delivered differently under different interaction policies.

Scientific Novelty

The novelty of the study lies not in creating a new base language model but in changing the success criterion for educational AI. A general-purpose assistant is typically judged by completeness and correctness of its answer. In OiQadam AI, the proposed criterion also asks whether the learner retained the next meaningful action and whether a similar task can be completed after support is reduced. Thus, adaptation depends not only on the current question but also on preceding learner actions within the dialogue.

A second contribution is the treatment of pedagogical robustness as an explicit property of an educational agent. If a user can cancel the learning policy with phrases such as 'I am a teacher' or 'this is a technical test', a nominal mentor effectively remains a general-purpose chatbot. The sequence FAIL -> FAIL -> stronger Rule -> control PASS shows why robustness should be intentionally stress-tested rather than inferred from the presence of configuration instructions.

Limitations and Future Work

The study is pilot and functional in nature. Eleven scenarios probe the prototype rather than constitute a statistical sample of students. Consequently, the effect of OiQadam AI on real learner independence or achievement has not been demonstrated. The generative model also cannot guarantee perfect mathematical accuracy, identical behaviour across all prompt formulations, or complete resistance to adversarial prompts. Image-based input requires verification, and the subject knowledge base currently contains only selected materials.

Planned v0.3 components include a Policy Gate / State Machine, an independent Math Verification Tool, an exact graphing module, a structured knowledge base, a learner model, and interaction logging. A future pedagogical study should compare at least three conditions: no AI, a general-purpose generative AI system, and OiQadam AI. All participants should then receive a similar task without AI; performance after support is withdrawn would serve as the key criterion for testing the central hypothesis.

Conclusion

OiQadam AI v0.2 was developed and functionally evaluated as an educational AI agent for school mathematics with a context-adaptive hint system. Instead of prioritising immediate solution delivery, the agent is designed around minimally sufficient assistance, verification of learner steps, and gradual return of responsibility to the user. Personality, Rules, and Skills are supplemented by Cognitive Pause, Teach Back, and Transfer Check.

Scenario-based testing both confirmed useful functions and exposed clear boundaries of the prototype. Diagnostic errors, role-override failures, unstable parsing of mathematical notation, and limitations in document handling became grounds for specific configuration changes. Detected failures were not removed from the study but used in an iterative cycle of problem identification, revision, and, where available, retesting.

The results support the technical feasibility of the mentor-agent model but do not justify a claim that learner independence has already increased statistically. The central conclusion is that educational AI should be evaluated not only by how accurately it answers a learner's question, but also by what the learner can do independently after AI support is withdrawn.

References

1. Aleven, V., Roll, I., McLaren, B. M., & Koedinger, K. R. (2016). Help helps, but only so much: Research on help seeking with intelligent tutoring systems. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26(1), 205-223. https://doi.org/10.1007/s40593-015-0089-1
2. Bastani, H., Bastani, O., Sungu, A., Ge, H., Kabakci, O., & Mariman, R. (2025). Generative AI without guardrails can harm learning: Evidence from high school mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences, 122(26), e2422633122. https://doi.org/10.1073/pnas.2422633122
3. Koedinger, K. R., & Aleven, V. (2007). Exploring the assistance dilemma in experiments with cognitive tutors. Educational Psychology Review, 19(3), 239-264. https://doi.org/10.1007/s10648-007-9049-0
4. Miao, F., & Holmes, W. (2023). Guidance for generative AI in education and research. UNESCO. https://doi.org/10.54675/EWZM9535

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.010

ТІНЬОВА ЦІНА РУЧНОГО ПЕРЕГЛЯДУ ЯК ІНСТРУМЕНТ ВИБОРУ ПОРОГІВ ДЕДУПЛІКАЦІЇ КЛІЄНТСЬКИХ ДАНИХ

Керницька Анастасія
здобувач вищої освіти магістерського рівня
Інформаційних систем та мереж
Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Дублікати в реєстрах клієнтів, пацієнтів чи абонентів виникають не через недбалість, а з природи накопичення даних. Та сама особа заводиться повторно в різних каналах обслуговування, після зміни прізвища, під час міграції з успадкованої системи або після злиття організацій. Спільного ідентифікатора між джерелами зазвичай немає, тому рішення про тотожність доводиться будувати на схожості неточних атрибутів, і результат зіставлення виходить ймовірнісним. Найпоширеніше правило рішення тут тризонне, як у Феллегі й Сантера [1, 2]: пари з високою оцінкою зливають автоматично, з низькою відхиляють, а проміжні передають на ручний перегляд.

Пороги, що розмежовують ці зони, на практиці підбирають евристично або за попарними метриками якості. Строгі чутливі до ціни результати існують: це поріг Елкана в замкненій формі [3] і байєсова модель оптимального за ціною зіставлення [4]. Обидва, проте, спираються на припущення, які в реальному процесі не виконуються. Рецензент вважається безпомилковим, а пропускна здатність перегляду необмеженою. Тим часом обсяг зони перегляду задають самі пороги, команда рецензентів має скінченну потужність, і саме вона зазвичай стає вузьким місцем процесу.

Нижче вибір порогів сформульовано як задачу умовної оптимізації з обмеженням пропускної здатності перегляду. Її розв’язок зводиться до тієї самої замкненої форми, тільки з надбавкою до ціни перегляду. Сама надбавка, тіньова ціна обмеження, виявляється керівним показником: вона вимірює виграш від одиниці додаткової потужності перегляду, і на неї спираються обернені запитання про потрібний штат.

Модель ціни. Нехай C позначає множину кандидатних пар після блокування, а $s(e) \in [0, 1]$ калібровану оцінку того, що пара $e \in$ збігом. Правило рішення з порогами $t_{low} \le t_{up}$ відхиляє пари з оцінкою нижче t_{low}, зливає пари з оцінкою не нижче t_{up}, решту передає на перегляд. Задано ціну хибного злиття c_{FM}, ціну хибного поділу c_{FS}, операційну ціну одного перегляду c_{rev} і точність рецензента $\alpha \in (0, 1]$, тобто частку його правильних рішень. Очікувані ціни трьох дій щодо пари з оцінкою s дорівнюють

$$g_{merge}(s) = c_{FM}(1 - s), \quad g_{reject}(s) = c_{FS}s, \tag{1}$$

$$g_{review}(s) = c_{rev} + (1 - \alpha)[c_{FS}s + c_{FM}(1 - s)]. \tag{2}$$

Вираз у квадратних дужках (2) дорівнює сумі обох цін у (1), тобто ціні найгіршого автоматичного рішення. Перегляд, отже, не усуває ціну помилки: він множить її на частку помилок рецензента й додає операційну плату. Сумарна ціна процесу за період складається з п’яти доданків: хибні автоматичні злиття, хибні автоматичні поділи, помилки рецензента на збігах і незбігах смуги та плата за перегляд:

$$TC(t_{low}, t_{up}) = c_{FM}U + c_{FS}M + (1 - \alpha)(c_{FM}V_U + c_{FS}V_M) + c_{rev}V, \tag{3}$$

Тут V позначає обсяг смуги перегляду, V_M і V_U задають очікувані кількості збігів і незбігів у ній, а U і M відповідають кількостям хибних автоматичних злиттів і поділів. Якщо оцінки відсортовано заздалегідь і побудовано префіксні суми величин 1, s та $1 - s$, усі п’ять доданків обчислюються за час $O(\log N)$ для довільної пари порогів. Підготовка коштує $O(N \log N)$ і виконується один раз.

Розв’язок без обмеження. Оскільки (3) є сумою цін окремих рішень, мінімум досягається поточковою мінімізацією. Різниця $g_{review} - g_{reject}$ строго спадає за s, а різниця $g_{review} - g_{merge}$ строго зростає. Множина оцінок, для яких перегляд дешевший за обидві автоматичні дії, тому є інтервалом, і його межі дорівнюють

$$t_{low} = [c_{rev} + (1 - \alpha)c_{FM}] / [(1 - \alpha)c_{FM} + \alpha c_{FS}], \tag{4}$$

$$t_{up} = [\alpha c_{FM} - c_{rev}] / [\alpha c_{FM} + (1 - \alpha)c_{FS}]. \tag{5}$$

Тризонну форму правила тут не постульовано, а виведено: за монотонної каліброваної оцінки вона оптимальна, а не просто зручна. Смуга перегляду непорожня тоді й лише тоді, коли $c_{rev} < (2\alpha - 1)c_{FM}c_{FS}/(c_{FM} + c_{FS})$; інакше правило

вироджується у двозонне з порогом Елкана $c_{FM}/(c_{FM} + c_{FS})$ [3]. За $\alpha \le 1/2$ перегляд не оптимальний за жодної ціни: рецензент, який відповідає не краще за монету, лише витрачає ресурс.

Ресурсне обмеження. Природно вимагати, щоб обсяг смуги не перевищував номінальної потужності команди, $V \le k\mu H$, де k задає кількість рецензентів, μ продуктивність одного, H фонд часу. Ця форма некоректна, бо допускає рівність, тобто режим із коефіцієнтом завантаження $\rho = 1$, для якого стаціонарного розподілу черги не існує [5]. Тому за модель черги перегляду взято систему M/M/k, а гранично допустиме завантаження ρ_{max} визначено як єдиний корінь рівняння $E[W_q] = W_{max}$. Середній час очікування обчислюється за формулою Ерланга-С, а W_{max} задає граничну затримку з угоди про рівень обслуговування [6]. Коректне обмеження має вигляд $V \le V_{max} = \rho_{max}(k, W_{max}\mu)\cdot k\mu H$.

Розв’язок через тіньову ціну. Складемо лагранжіан задачі мінімізації (3) за умови $V \le V_{max}$ з множником $\lambda \ge 0$. Оскільки V є кількістю пар, віднесених до дії «перегляд», доданок λV збільшує ціну кожного перегляду рівно на λ, а доданок $-\lambda V_{max}$ від змінних не залежить. За фіксованого λ задача, отже, збігається з необмеженою, у якій c_{rev} замінено на $c_{rev} + \lambda$, і її розв’язок задається (4)–(5) із цією заміною. З (4) видно, що $t_{low}(\lambda)$ строго зростає, з (5), що $t_{up}(\lambda)$ строго спадає. Смуга вкладена й звужується, а $V(\lambda)$ незростна, тому λ знаходиться двійковим пошуком: якщо $V(0) \le V_{max}$, обмеження неактивне і $\lambda = 0$, інакше λ дорівнює найменшому значенню, за якого обмеження виконується. Після одноразової підготовки $O(N \log N)$ кожен розв’язок коштує $O(\log N \cdot \log(1/\varepsilon))$, тоді як прямий перебір пар порогів на сітці з m вузлів вимагає $O(m^2)$ обчислень. Саме через цю різницю аналіз чутливості й обернені задачі стають дешевими.

Числова перевірка. Розв’язок порівняно з прямим перебором пар порогів на сітці з 400 вузлів. Набір: 200 000 кандидатних пар за період, тривалість перегляду 10 хв ($\mu = 6$ пар/год), $H = 160$ год, $W_{max} = 2$ год, $c_{FM} : c_{FS} = 10 : 1$, $c_{rev} = 0{,}20$, $\alpha = 0{,}90$.

Таблиця 1. Розв’язок через тіньову ціну проти перебору на сітці

k	V_{max}	t_{low}	t_{up}	λ	ТС (модель)	ТС (перебір)	Відхилення
1	886	0,8651	0,9183	0,4436	5412,8	5604,7	−3,42 %
2	1845	0,8038	0,9311	0,3273	5041,7	5161,6	−2,32 %
3	2804	0,7384	0,9447	0,2030	4786,5	4854,6	−1,40 %
5	4723	0,6316	0,9670	0	4625,1	4625,5	−0,01 %
20	19122	0,6316	0,9670	0	4625,1	4625,5	−0,01 %

Модель в усіх випадках дає ціну не гіршу за найкращу точку сітки, а за малих k помітно кращу, до 3,4 %. Причина проста: за активного обмеження оптимальні пороги лежать у щільній ділянці розподілу оцінок, де крок сітки завеликий. Від’ємний знак відхилення означає саме це, а не похибку формул. Починаючи з $k = 5$ обмеження стає неактивним, λ обертається в нуль, і розв’язок збігається з необмеженим.

Межа досяжної якості. Функція $TC^*(k)$, тобто мінімальна досяжна ціна за наявного штату, незростна за k: зростання k розширює допустиму множину. Обчислюють її повторним розв'язанням задачі (табл. 2).

Таблиця 2. Межа досяжної якості та прогноз виграшу за тіньовою ціною

k	V_{max}	t_{low}	t_{up}	$TC^*(k)$	ΔTC (факт)	λ	$\lambda \cdot \Delta V_{max}$ (прогноз)
1	886	0,8651	0,9183	5412,8	–	0,4436	–
2	1845	0,8038	0,9311	5041,7	−371,2	0,3273	−425,2
3	2804	0,7384	0,9447	4786,5	−255,2	0,2030	−314,0
4	3764	0,6736	0,9583	4653,0	−133,5	0,0799	−194,8
5	4723	0,6316	0,9670	4625,1	−27,9	0	−76,7
6	5683	0,6316	0,9670	4625,1	0	0	0

У табл. 2 два практичні результати. Перший це насичення: починаючи з k = 5 команда здатна переглянути всю смугу, оптимальну без обмеження, і подальше збільшення штату не дає нічого. Питання «скільки потрібно рецензентів» має скінченну відповідь, яку модель обчислює, замість розмитого напряму «що більше, то краще». Другий результат стосується тіньової ціни як верхньої оцінки виграшу. Добуток $\lambda \cdot \Delta V_{max}$ прогнозує, наскільки зменшиться сумарна ціна від додавання одного рецензента, і цей прогноз систематично завищений: 425 проти фактичних 371, 314 проти 255, 195 проти 134. Так і має бути, бо λ є граничною величиною в поточній точці, а $TC^*(k)$ опукла спадна, і лінеаризація дає верхню межу. Величина λ придатна, щоб швидко відсіяти явно невигідні варіанти найму, але остаточне рішення варто ухвалювати за фактичним $TC^*(k)$.

Оскільки $TC^*(k)$ незростна, обернена задача «знайти найменший штат, за якого ціна не перевищує цільової» розв'язується двійковим пошуком за $O(\log k)$ викликів. На наведеному наборі цільове значення 110 % від мінімально можливої ціни досягається за двох рецензентів, 105 % за трьох, 102 % за чотирьох, 100 % за п'яти. Обговорення бюджету зводиться до порівняння вартості рецензента з величиною λ.

Висновки. Вибір порогів дедуплікації сформульовано як задачу умовної оптимізації, у якій ресурс ручного перегляду входить не як побажання, а як обмеження, узгоджене з умовою стійкості черги. Розв'язок такої задачі має ту саму замкнену форму, що й необмежений, із заміною ціни перегляду на $c_{rev} + \lambda$, де λ дорівнює тіньовій ціні пропускної здатності. Звідси три практичні наслідки. Пороги обчислюються без перебору сітки й у щільній ділянці розподілу оцінок дають до 3,4 % меншу ціну. Межа досяжної якості $TC^*(k)$ має точку насичення, тому питання про потрібний штат розв'язне. Величина λ дає швидку, хоч і завищену, оцінку виграшу від розширення команди. Далі варто послабити припущення про сталу точність рецензента й перевірити, як α залежить від оцінки пари та від фактичного завантаження черги.

Список використаних джерел

1. Fellegi I. P., Sunter A. B. A theory for record linkage. Journal of the American Statistical Association. 1969. Vol. 64, No. 328. P. 1183–1210.

2. Christen P. Data Matching: Concepts and Techniques for Record Linkage, Entity Resolution, and Duplicate Detection. Berlin: Springer, 2012. 270 p.
3. Elkan C. The foundations of cost-sensitive learning. Proc. 17th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI). Seattle, 2001. P. 973–978.
4. Verykios V. S., Moustakides G. V., Elfeky M. G. A Bayesian decision model for cost optimal record matching. The VLDB Journal. 2003. Vol. 12, No. 1. P. 28–40.
5. Kleinrock L. Queueing Systems. Volume 1: Theory. New York: Wiley-Interscience, 1975. 417 p.
6. Gans N., Koole G., Mandelbaum A. Telephone call centers: tutorial, review, and research prospects. Manufacturing & Service Operations Management. 2003. Vol. 5, No. 2. P. 79–141.

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.011

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ЯКОСТІ КОМПОНЕНТІВ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ МЕТРИК СКЛАДНОСТІ КОДУ

Райчев Ігор Едуардович
кандидат технічних наук, доцент
Кафедра комп'ютерних інформаційних технологій
Хрустовський Анатолій Анатолійович
здобувач вищої освіти магістерського рівня
Національний університет «Київський авіаційний інститут»
м. Київ, Україна

Вступ. У процесі життєвого циклу розробки сучасного програмного забезпечення (ПЗ) інженери-програмісти часто стикаються з типовою проблемою: розроблений модуль успішно функціонує та виконує задані операції, проте його подальший супровід, розширення, модифікація та налагодження стають вкрай складними. Структура вихідного коду виявляється перевантаженою заплутаними логічними переходами, а спроби внесення навіть мінімальних змін призводять до виникнення прихованих дефектів в інших компонентах програмної системи (ПС).

Традиційний підхід до забезпечення надійності, який базується виключно на динамічному тестуванні вже зібраного продукту на етапі приймально-здавальних випробувань, не дозволяє своєчасно усунути ці недоліки. До цього моменту дефекти архітектури вже глибоко вкорінюються в системі, а їх виправлення вимагає значних трудових і часових витрат. Динамічне тестування концентрується на зовнішніх функціональних проявах, залишаючи поза увагою внутрішню будову та стан лексичних і синтаксичних компонентів коду.

Критичність цієї проблеми зростає разом із постійним збільшенням обсягів кодових баз. Коли над проєктом працює розподілена команда, а компоненти активно модифікуються різними розробниками, супроводжуваність виходить на перший план поряд із безпосередньою працездатністю. Якщо код неможливо швидко проаналізувати чи змінити, без ризику зламати суміжну функціональність, сукупна вартість супроводження ПС багаторазово зростає.

Сучасні наукові дослідження у сфері програмної інженерії чітко розмежовують зовнішню якість (як система поводиться під час експлуатації кінцевим користувачем) та внутрішню якість (як саме побудовано програмний код, якими є його структурованість, зв'язність та прозорість). Висока внутрішня якість виступає фундаментом для надійності та довговічності продукту.

Для оцінювання внутрішньої якості на початкових етапах життєвого циклу застосовується статичний аналіз коду, який не потребує його безпосереднього виконання в обчислювальному середовищі. Серед численних підходів особливе місце посідають метрики складності коду, зокрема моделі Моріса Холстеда (Halstead Software Science) [1] та Томаса Маккейба (McCabe Cyclomatic Complexity) [2]. Застосування цих метрик у поєднанні з рекомендаціями міжнародних стандартів дозволяє створити об'єктивну технологію раннього виявлення модулів із занадто складною структурою.

Виконаємо систематизацію і практичну апробацію методології оцінювання внутрішньої якості компонентів ПС на основі метрик складності Холстеда і Маккейба та їх інтерпретацію в термінах підхарактеристик супроводжуваності міжнародного стандарту SQuaRE ISO/IEC 25010 [3; 4].

Стандарти групи SQuaRE і супроводжуваність програм. Міжнародна серія стандартів ISO/IEC 25000 (SQuaRE — Software Product Quality Requirements and Evaluation) встановлює комплексні рамки для визначення та оцінювання характеристик якості програмних продуктів. Базовий стандарт ISO/IEC 25010 [3] регламентує модель якості системи або ПЗ, яка охоплює характеристики: функціональна придатність, продуктивність (ефективність виконання), сумісність, можливості взаємодії, надійність, захищеність, супроводжуваність, гнучкість, безпека.

Характеристика супроводжуваність (maintainability) [5] визначається як здатність програмного забезпечення бути ефективно модифікованим фахівцями з метою внесення виправлень, удосконалення алгоритмів або адаптації до нових експлуатаційних умов. Згідно зі стандартом ISO/IEC 25010 супроводжуваність деталізується за допомогою п'яти підхарактеристик:

1) Модульність (Modularity) — ступінь незалежності компонентів системи, де зміни в одному модулі мають мінімальний вплив на інші;

2) Можливість багаторазового використання (Reusability) — здатність фрагментів коду застосовуватися в інших модулях або сторонніх проєктах;

3) Аналізованість (Analyzability) — простота діагностики та оцінки впливу потенційних змін на загальну працездатність системи;

4) Здатність до модифікації (Modifiability) — можливість коректного внесення правок у ПС без внесення нових прихованих дефектів;

5) Тестованість (Testability) — простота встановлення критеріїв тестування (перевірки) та побудови ефективних автоматизованих тестів.

Основними факторами, які погіршують зазначені підхарактеристики, є висока алгоритмічна складність, велика кількість вкладених умовних розгалужень if-else, надмірна довжина функцій та перевантаженість змінними й операторами. Для вимірювання цих явищ застосуємо аналітичні метрики.

Математичний апарат метрик складності коду. Метрична теорія М.Холстеда [1; 6] розглядає програмний модуль як текст, складений з послідовності операторів (операцій, ключових слів, знаків дій) та операндів (змінних, ідентифікаторів, констант).

В основу моделі покладено чотири базові величини:

1) n1 — кількість різних (унікальних) операторів програми або модуля;

2) n2 — кількість різних (унікальних) операндів програми або модуля;

3) N1 — загальна кількість усіх операторів програми (модуля);

4) N2 — загальна кількість усіх операндів програми (модуля).

На базі зазначених первинних величин аналітично обчислюються основні метрики Холстеда:

1. Словник програми (Vocabulary): $n = n1 + n2$, який відображає різноманітність використаних лексичних та синтаксичних одиниць.

2. Довжина програми (Length): $N = N1 + N2$, яка вимірює загальний кількісний обсяг операторів та операндів.

3. Інформаційний обсяг програми (Volume): $V = N \times \log_2(n)$, що вимірює обсяг інформації (у бітах), необхідний для представлення даного алгоритму.

4. Складність алгоритму (Difficulty): $D = (n1/2) \times (N2/n2)$, яка характеризує ментальну складність сприйняття коду програмістом чи тестером під час його читання. Зростання загальної частки операндів та кількості унікальних операторів у коді може значно підвищити Difficulty.

5. Інтелектуальні зусилля (Effort): $E = D \times V$, що оцінюють кількість умовних розумових кроків, необхідних для розробки або засвоєння програми.

Цикломатична складність Т. Маккейба [2; 7] базується на аналізі графа потоку керування програми (Control Flow Graph, CFG). Граф представляє код як сукупність вершин (лінійних блоків інструкцій) та спрямованих ребер графу (переходів керування). Цикломатичне число Маккейба M визначається за топологічною формулою:

$$M = E - N + 2 \cdot P , \quad (1)$$

де E — кількість ребер графа; N — кількість вершин; P — кількість зв’язних компонент (для одного окремого модуля P = 1).

На практиці для спрощення обчислень (без побудови повного графа) замість формули (1) використовують формулу (2), згідно якої значення M може бути обчислене шляхом підрахунку точок розгалуження в тексті програми:

$$M = 1 + \pi , \quad (2)$$

де π — сумарна кількість умовних операторів та логічних предикатів розгалуження (if, elif, for, while, case, and, or). Значення M відповідає кількості

лінійно незалежних шляхів виконання, тобто мінімально необхідній кількості модульних тестів для повного покриття логіки модуля.

Практичний приклад: аналіз коду на Python. Для демонстрації практичного застосування виконаємо детальний аналіз реальної функції мовою Python — calculate_discount, яка здійснює розрахунок кінцевої вартості товару залежно від типу клієнта та обсягу придбаної партії:

```
def calculate_discount(price, customer_type, quantity):
    if price <= 0:
        return 0

    discount = 0
    if customer_type == "regular":
        if quantity >= 10:
            discount = 0.05
        elif quantity >= 5:
            discount = 0.03
    elif customer_type == "premium":
        if quantity >= 10:
            discount = 0.15
        elif quantity >= 5:
            discount = 0.10
        else:
            discount = 0.05

    final_price = price - (price * discount)
    return final_price
```

Виконаємо послідовну класифікацію лексичних та синтаксичних елементів наведеної функції. До унікальних операторів належать 10 елементів: def, if, <=, return, =, ==, >=, elif, -, *. Загальна кількість використаних операторів у тексті функції складає N1 = 28.

До операндів належать 15 унікальних елементів: назва функції calculate_discount, змінні price, customer_type, quantity, discount, final_price, а також числові та строкові константи 0, 'regular', 10, 0.05, 5, 0.03, 'premium', 0.15, 0.10. Сукупна кількість використаних операндів складає N2 = 45.

Зведені первинні дані для розрахунку показників Холстеда наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Вихідні дані для обчислення метрик Холстеда

Показник	Значення	Пояснення
n_1	10	Кількість різних операторів (def, if, ==, return тощо).
n_2	15	Кількість різних операндів (змінні, константи).
N_1	28	Загальна кількість операторів коду.
N_2	45	Загальна кількість всіх операндів коду.

На основі отриманих первинних даних розрахуємо похідні метрики Холстеда:

1) Словник програми: n = n1 + n2 = 10 + 15 = 25;
2) Довжина програми: N = N1 + N2 = 28 + 45 = 73;
3) Інформаційний обсяг: $V = 73 * \log_2(25) \approx 73 * 4.6438 \approx 339,02$ біт;
4) Складність алгоритму: D = (10 / 2) * (45 / 15) = 5 * 3 = 15,0;
5) Інтелектуальні зусилля: E = 15 * 339,02 ≈ 5085,3 умовних одиниць.

Узагальнені результати обчислення метрик Холстеда зведемо до таблиці 2.

Таблиця 2. Результати обчислення метрик Холстеда

Метрика	Значення	Інтерпретація
Vocabulary (n)	25	Помірна різноманітність лексичних елементів
Length (N)	73	Невеликий компактний фрагмент коду
Volume (V)	339	Код має помітну інформаційну насиченість
Difficulty (D)	15	Розуміння та модифікація потребують помірних зусиль
Effort (E)	5085	Узагальнена помірна оцінка розумової трудомісткості

Для розрахунку цикломатичної складності Маккейба порахуємо кількість операторів розгалуження у коді функції calculate_discount. Маємо 7 точок розгалуження: один if price <= 0, один if customer_type == 'regular', два вкладених розгалуження (if quantity >= 10, elif quantity >= 5), один elif customer_type == 'premium', та ще два вкладених розгалуження (if quantity >= 10, elif quantity >= 5).

За формулою (2) отримуємо: M = 1 + 7 = 8. Значення M = 8 свідчить про те, що функція містить 8 лінійно незалежних маршрутів виконання. Відповідно, для забезпечення 100% покриття за критерієм гілок (branch coverage) інженер повинен скласти щонайменше 8 унікальних тестових наборів (unit-тестів).

Інтерпретація результатів у контексті стандарту SQuaRE. Отримані числові оцінки дозволяють провести зіставлення статичних метрик із підхарактеристиками супроводжуваності стандарту ISO/IEC 25010 (таблиця 3).

Таблиця 3. Відповідність метрик складності підхарактеристикам супроводжуваності

Метрика	Підхарактеристика якості	Пояснення
Cyclomatic Complexity	Тестованість	Більше шляхів виконання означає більше необхідних тестових сценаріїв.
Cyclomatic Complexity	Аналізованість	Багато вкладених розгалужень знижують прозорість логіки.
Halstead Volume	Аналізованість	Висока інформаційна насиченість ускладнює сприйняття коду.
Halstead Difficulty	Здатність до модифікації	Складніший код важче змінювати без ризику внесення нових помилок.
Halstead Effort	Супроводжуваність (загалом)	Умовна інтегральна оцінка зусиль на розуміння та опрацювання коду.

Аналіз таблиці 3 свідчить, що метрика цикломатичної складності є провідним індикатором тестованості та аналізованості, тоді як метрики Холстеда (обсяг, складність, зусилля) дають кількісну оцінку здатності до модифікації та загальної супроводжуваності коду [8].

Якщо в процесі подальшого розвитку функції її цикломатична складність M за Маккейбом перевищить порогове значення 10, або показник складності Холстеда D перевищить 20, даний модуль буде підлягати обов'язковому рефакторингу (наприклад, шляхом виділення вкладених розрахунків у окремі допоміжні функції або застосування патерну проєктування «Стратегія»).

Висновки

1. В результаті проведеного дослідження обґрунтовано доцільність оцінювання внутрішньої якості програмних компонентів на початкових етапах життєвого циклу за допомогою статичних метрик складності коду.

2. Побудований зв'язок між метриками М.Холстеда, цикломатичною складністю Т.Маккейба та підхарактеристиками супроводжуваності моделі якості міжнародного стандарту ISO/IEC 25010 (тестованістю, аналізованістю, здатністю до модифікації) [3; 4], що суттєво сприяє підвищенню якості ПЗ.

3. На прикладі дійсної функції calculate_discount, яка реалізована мовою Python, показано розрахунок та інтерпретацію метрик Холстеда і Маккейба.

4. Впровадження систематичного контролю метрик складності в процеси CI/CD дозволяє усувати надмірну структурну заплутаність на ранніх етапах розробки та оптимізувати подальші витрати на супровід програмних систем.

Список використаних джерел

1. Halstead Metrics [Електронний ресурс] / Verifysoft Technology. URL: https://www.verifysoft.com/en_halstead_metrics.html (дата звернення: 31.08.2026).
2. McCabe Cyclomatic Complexity [Електронний ресурс] / Klocwork Documentation. 2025. URL: https://help.klocwork.com/current/en-us/concepts/mccabecyclomaticcomplexity.htm (дата звернення: 31.08.2026).
3. ISO/IEC 25010:2023. Systems and software engineering — Systems and software quality models. Geneva: International Organization for Standardization, 2023. – 45p.
4. ISO/IEC 25010 – Systems and Software Quality [Електронний ресурс] / Quality Arc42. 2026. URL: https://quality.arc42.org/standards/iso-25010 (дата звернення: 31.08.2026).
5. Maintainability [Електронний ресурс] / ISO 25000. URL: https://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010/57-maintainability (дата звернення: 31.08.2026).
6. Halstead M. H. Elements of Software Science. New York: Elsevier North-Holland, 1977. – 127p.
7. McCabe T. J. A Complexity Measure // IEEE Transactions on Software Engineering. 1976. Vol. SE-2, No.4. P. 308–320.
8. Code Complexity Metrics: Writing Clean, Maintainable Software [Електронний ресурс] / Iterators HQ. 2025. URL: https://www.iteratorshq.com/blog/code-complexity-metrics-writing-clean-maintainable-software/ (дата звернення: 31.08.2026).

UDC 004.056:004.5

INTEGRATION OF OSINT METHODS INTO DIGITAL FORENSICS AND INCIDENT RESPONSE (DFIR) PROCESSES FOR PROACTIVE THREAT HUNTING

Zozulia Oleksandr
2nd-year cadet
Myroslav Palamarchuk
2nd-year cadet
ORCID ID: 0009-0009-0114-4982
Bevz Oleksandr
2nd-year cadet
Martynenko Mykyta
2nd-year cadet
Educational and Scientific Institute No. 4
Academic Supervisor:
Vadym V. Maltsev
Lecturer
Department of Cybercrime Counteraction
Kharkiv National University of Internal Affairs, Ukraine

Introduction.

Traditional Digital Forensics and Incident Response (DFIR) methodologies have historically operated under a reactive paradigm. Security teams are typically mobilized post-compromise, relying heavily on internal telemetry—such as Windows event logs, memory dumps, and network traffic captures—to reconstruct the attack chain. However, the escalating sophistication of persistent threat actors necessitates a shift towards proactive defense mechanisms. Threat Hunting represents this operational pivot, focusing on systematically identifying undetected breaches within the digital perimeter.

Integrating Open-Source Intelligence (OSINT) into this lifecycle transforms threat hunting from an internal audit into a comprehensive intelligence-driven operation. By continuously monitoring external data vectors, including public infrastructure registries, dark web communications, and leaked credential databases, digital forensics units can anticipate adversarial maneuvers. This approach allows analysts to map external reconnaissance activities directly to internal security telemetry before an active exploitation phase commences.

1. Theoretical Framework of Intelligence-Driven DFIR The convergence of OSINT and DFIR bridges the operational gap between external threat intelligence and internal system state analysis. Proactive threat hunting requires actionable pivot points. When investigators harvest intelligence from open sources, they acquire early-warning indicators, such as newly registered typo-squatting domains, exposed corporate IP ranges, or discussions regarding specific logical vulnerabilities (like IDOR or SSRF) targeting the organization's technological stack.

Incorporating these external markers into the digital forensics pipeline allows analysts to build high-fidelity hypothesis models. Instead of running broad, resource-intensive queries across Active Directory environments or blindly filtering packets in Wireshark, investigators utilize OSINT-derived Indicators of Compromise (IoCs) to conduct highly targeted searches. This methodology not only accelerates the Mean Time to Detect (MTTD) but also prioritizes forensic resources on verified, imminent threats.

Operational Vectors and External Data Correlation. To systematically fuse OSINT with internal forensic data, the investigative architecture must correlate external findings with internal infrastructure topologies. This involves mapping external threat actors' Tactics, Techniques, and Procedures (TTPs) against the internal vulnerability landscape.

Table 1. Correlation of OSINT Vectors with Internal DFIR Operations

OSINT Data Source / Methodology	Targeted External Intelligence	Internal DFIR Correlation Application
Internet-Wide Scanners (Shodan, Censys)	Unpatched external-facing services, exposed RDP/SSH ports, expired SSL certificates.	Cross-referencing firewall ingress logs and IDS alerts against IP addresses actively scanning the exposed services.
Compromised Repositories	Leaked corporate email addresses and passwords in third-party database breaches.	Auditing authentication logs (Event IDs 4624, 4625) and VPN access records for credential stuffing or impossible travel anomalies.
Public Malware Sandboxes (VirusTotal, Any.Run)	Newly uploaded payloads, Command and Control (C2) infrastructure IPs, behavioral graphs.	Generating YARA rules and querying EDR platforms for matching file hashes or outbound network connections to identified C2 nodes.
Darknet & Paste Sites	Discussions of targeted zero-day exploits or the sale of initial access to internal networks.	Initiating targeted memory forensics and endpoint log audits on systems utilizing the software mentioned in threat actor communications.

Automation Strategies for OSINT-Enriched Threat Triage. The manual aggregation of open-source intelligence during an active incident response engagement introduces unacceptable latency. To mitigate this, forensics units must leverage programmatic scripting to automate data extraction and enrichment. Utilizing Python, analysts can construct modular pipelines that automatically parse internal artifacts and query external OSINT APIs in real-time.

For instance, a Python-based utility utilizing libraries such as pandas and requests can automatically extract destination IP addresses from network logs, query threat intelligence APIs for historical malicious activity, and immediately append geographic and threat-scoring context to the incident ticket. This eliminates the manual bottleneck of analyzing network traces.

Table 2. Automated OSINT Enrichment Scripts for Rapid Triage

Automation Module	API / Open-Source Integration	Impact on Forensic Investigation
Network Forensics Auto-Enrichment	AlienVault OTX, Greynoise API	Automatically filters out background "internet noise," allowing analysts to focus strictly on targeted anomalous traffic in network captures.
File Hash Triage Automation	VirusTotal API, Malpedia	Rapidly identifies known malicious binaries during disk imaging, negating the need for deep reverse engineering of common malware strains.
Passive Infrastructure Footprinting	SecurityTrails, DNSDumpster	Reconstructs the adversary's infrastructure dynamically, identifying related malicious domains utilized in corporate phishing campaigns.

Conclusions. The integration of OSINT into the DFIR ecosystem marks a critical evolution in cybersecurity operations, moving organizations from reactive survival to proactive threat neutralization. By systematically correlating external open-source intelligence with internal forensic artifacts, security units can formulate precise hunting hypotheses, drastically reducing the dwell time of sophisticated adversaries. Furthermore, automating the OSINT data enrichment pipeline through scripting languages ensures that investigators operate with maximum contextual awareness during high-stress incident response scenarios. Future developments in this domain will focus on streamlining cross-platform data correlation to deploy automated forensic query logic natively at the network edge.

References

1. Bazzell, M. (2023). Open Source Intelligence Techniques: Resources for Searching and Analyzing Online Information (9th ed.). Independently published.
2. Ligh, M. H., Case, A., Levy, J., & Walters, A. (2014). The Art of Memory Forensics: Detecting Malware and Threats in Windows, Linux, and Mac Memory. Wiley.
3. Sanders, C. (2017). Practical Packet Analysis: Using Wireshark to Solve Real-World Network Problems (3rd ed.). No Starch Press.
4. European Union Advisory Mission (EUAM) Ukraine. (2025). Methodological Guidelines on Open-Source Intelligence (OSINT) for Law Enforcement and Security Analysts. Operational Documentation.
5. Chuvakin, A., Schmidt, K., & Phillips, C. (2012). Logging and Log Management: The Authoritative Guide to Understanding Actively Monitoring System Logs. Syngress.

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.012

SELECTION OF NEURAL NETWORK MODELS DEPENDING ON DATA CHARACTERISTICS AND THE TASK AT HAND

Pavlenko Yaroslav
Postgraduate Student
Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine
ORCID: https://orcid.org/0009-0001-2275-858X

With the rapid development of technology, there is a need to analyze large data sets and choose the best methods for their processing depending on the task at hand. Also, in the modern world, the number of new approaches to data analysis is rapidly increasing. Various data can have different architectures and differ from each other, which significantly complicates their processing and makes it difficult to use one method to solve different tasks [1]. For example, data can be in the form of: text, images, graphs with time sequences, audio files and other objects [2].

Such a wide variety of possible data types makes it much more difficult to identify relationships between them. An effective way to process digital data is to use neural networks [3]. The existence of different neural network architectures creates the problem of their selection. Since some models provide better results in some tasks, and other models in other ones, the selection problem becomes significant. Such data analysis tasks include: segmentation, translation, recognition, synthesis, anomaly detection, data dimensionality reduction, and others. It should also be noted that increasing the complexity of the architecture, depending on the type of data, does not always improve the results. Depending on the circumstances, sometimes more effective models should be chosen to solve specific analysis tasks.

The choice of model should be based on the characteristics of the data in the dataset and the needs of a specific analysis task. The selected neural network model should take into account: sample size, relationships between features, analysis speed, and available resources. Some models may not work correctly with some types of data and analysis tasks, which can lead to significant delays in calculation and analysis. Some models may be more versatile, but still not better at some specific tasks.

One of the simplest and most common models is MLP. MLP is very well suited for feature analysis of tabular data. The disadvantages include the fact that this model is not intended for processing large amounts of spatial data. The advantages of this model include: versatility, feature vector analysis, simplicity of the model.

For spatial data analysis, it is usually better to use CNNs. These convolutional neural networks are better suited for work with these types of data because of their ability to efficiently extract features from the available dataset. Convolutional neural networks are also suitable for analyzing data with pronounced structure and for analyzing a variety of images.

For time series analysis tasks, it is usually better to choose LSTM. LSTM, due to its architecture, effectively estimates the dependencies between all elements of the sequence of the selected data set [4]. Models such as LSTM are also often effectively used for forecasting tasks [5].

One of the newest models capable of working in various analysis tasks is the Transformer type model. The architecture of these models can process data sets with complex sequences. The presence of the self-attention mechanism in the architecture significantly improves the analysis of relationships between elements of the dataset [6]. Different neural network architectures (MLP and LSTM) are shown in Figure 1.

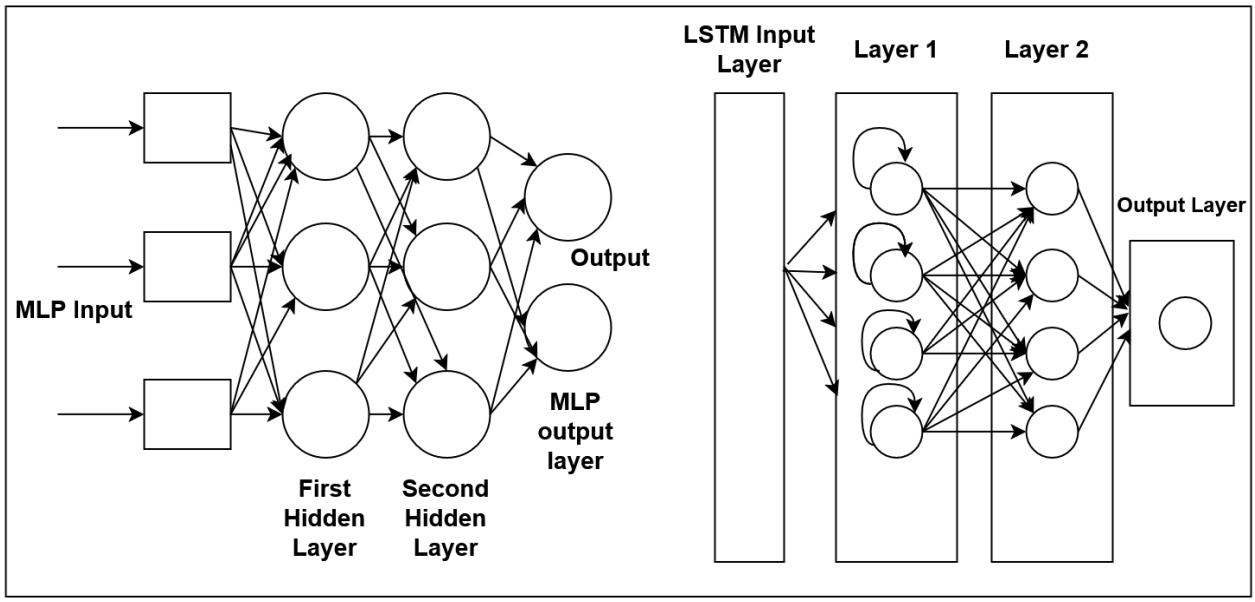


Figure 1 – Architecture of MLP and LSTM models

The above description of neural network architectures and models shows that often a certain type of data justifies the use of a particular model. In general, MLP is used for effective analysis of tabular data, due to its architectural features. MLP can also be used for other tasks, but perhaps not with the best efficiency compared to other models. For a dataset with structured data, convolutional neural networks are an efficient choice. For time series analysis, LSTM-type models are often an efficient choice [7]. The most versatile, and especially effective in analyzing complex relationships, are Transformer-type models.

Therefore, for efficient data analysis, it is necessary to approach the problem of model selection appropriately and take into account the various characteristics of the dataset data and the architectural features of the models [8].

This approach to selection, although it does not improve the selected model in various data analysis tasks, allows you to conduct research on the selected data type and determine the most efficient model. And improve the selected model for specific analysis tasks.

The practical significance of this approach to model selection allows it to be used at one of the earliest stages of creating software for analyzing a dataset. Using this approach at the stage of initial data evaluation creates the prerequisites for a more reasonable application of models and the possibility of avoiding the use of a large

number of resources. This, in turn, is very important for ensuring both the quality and speed of analysis. Also, this approach can, in some situations, reduce and more efficiently use computational resources.

Sometimes using different neural network models can be expensive, depending on the field of application. Therefore, it is necessary to choose a more efficient model for several types of tasks. Therefore, the question of choosing the best model for several tasks simultaneously becomes relevant. For example, choosing a model that works better in both prediction and classification tasks [9].

Therefore, the main characteristic when choosing a neural network architecture is the data type of the dataset and the data analysis task. Different neural network models have more effect on a specific analysis task, while for another analysis task, some models may be inferior to other models.

Further research in this area should be aimed at defining criteria for evaluating models in a specific analysis task, as well as comparing models when working with several data analysis tasks, and defining a more universal one. For example, comparing models according to a single system of criteria simultaneously in forecasting and clustering tasks or others. This will help to identify more effective approaches for situations when it is necessary to choose one model for use in different data analysis tasks.

References

1. Aggarwal C. C. Neural Networks and Deep Learning: A Textbook. Cham : Springer, 2018. 497 p. DOI: 10.1007/978-3-319-94463-0. (дата звернення 07.09.2026).
2. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning. Nature. 2015. Vol. 521, No. 7553. P. 436–444. DOI: 10.1038/nature14539. (дата звернення 07.09.2026).
3. Schmidhuber J. Deep learning in neural networks: An overview. Neural Networks. 2015. Vol. 61. P. 85–117. DOI: 10.1016/j.neunet.2014.09.003. (дата звернення 07.09.2026).
4. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory. Neural Computation. 1997. Vol. 9, No. 8. P. 1735–1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735. (дата звернення 07.09.2026).
5. Cho K., van Merriënboer B., Gulcehre C., Bahdanau D., Bougares F., Schwenk H., Bengio Y. Learning Phrase Representations using RNN Encoder–Decoder for Statistical Machine Translation. Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). 2014. P. 1724–1734. DOI: 10.3115/v1/D14-1179. (дата звернення 07.09.2026).
6. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Kaiser Ł., Polosukhin I. Attention Is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems. 2017. Vol. 30. P. 5998–6008. DOI: 10.48550/arXiv.1706.03762. (дата звернення 07.09.2026).
7. Calin O. Deep Learning Architectures: A Mathematical Approach. Cham : Springer, 2020. 760 p. DOI: 10.1007/978-3-030-36721-3. (дата звернення 07.09.2026).

8. Bishop C. M., Bishop H. Deep Learning: Foundations and Concepts. Cham : Springer, 2024. DOI: 10.1007/978-3-031-45468-4. (дата звернення 07.09.2026).
9. Pavlenko Y., Valenda N. Methods of forecasting and data classification based on neural networks. Information technology and society, (3 (18), 111-116, 2025. DOI: 10.32689/maup.it.2025.3.15. (дата звернення 07.09.2026).

МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКОВИХ ПАТЕРНІВ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМУ FP-GROWTH

Хрипко О.С.
Класичний приватний університет
Хрипко С.Л.
доктор технічних наук, професор,
Класичний приватний університет

Анотація

Актуальність дослідження визначається стрімкою цифровою трансформацією державного сектору України, розвитком екосистеми електронного урядування, функціонуванням платформ «Дія», «Трембіта» та інших державних інформаційних ресурсів, що генерують значні обсяги подієвих даних. Запропоновано підхід до формування актор-орієнтованих кошиків подій, який забезпечує агрегування цифрових слідів діяльності окремих суб'єктів у визначених часових інтервалах та створює інформаційну основу для виявлення прихованих закономірностей і потенційно ризикових сценаріїв. Для видобування асоціативних правил використано алгоритм FP-Growth, що характеризується високою обчислювальною ефективністю завдяки відсутності етапу генерації кандидатних наборів та можливості оброблення великих масивів асинхронних подій. Встановлено, що добова агрегація даних Actor × Day забезпечує найвищу інформативність асоціативних правил (Average Lift = 5,2), дозволяє формувати стійкі поведінкові профілі та підвищує достовірність виявлення взаємозв'язків між управлінськими подіями. Наукова новизна полягає в удосконаленні механізму аналізу поведінкових патернів суб'єктів публічного управління шляхом алгоритму FP-Growth, що створює методологічне підґрунтя для розвитку інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських рішень у сфері цифрового врядування.

Традиційні методи статистичного аналізу виявляються недостатніми для виявлення складних, асинхронних та контекстно-залежних послідовностей дій, які здійснюють суб’єкти (актори) у критично важливих системах. Як зазначає А. Олешко [1], цифрова трансформація потребує нових підходів до аналізу даних.

Проблема інтелектуального аналізу даних (Data Mining) та пошуку частих патернів (Frequent Pattern Mining) перебуває у центрі уваги наукової спільноти протягом останніх трьох десятиліть. Фундаментальний внесок у розробку методів виявлення асоціативних правил зробили Р. Агравал та Р. Срікант [2],

запропонувавши алгоритм Apriori. Їхня праця заклала методологічне підґрунтя для аналізу «ринкових кошиків», проте класичний підхід Apriori продемонстрував низьку обчислювальну ефективність на великих масивах даних через необхідність багаторазового сканування бази даних та генерації надмірної кількості кандидатів-наборів.

Новим етапом у розвитку цієї галузі стала робота Дж. Ханя, Дж. Пеї та Ю. Іня [3], які запропонували алгоритм FP-Growth. Автори довели, що використання компактної структури даних — FP-дерева (Frequent Pattern Tree) — дозволяє стиснути інформацію про транзакції без втрати даних та видобувати патерни шляхом рекурсивного дослідження умовних баз, що є критично важливим для подієвих систем із високою інтенсивністю (Event-driven systems). Подальші дослідження К. Боргельта [4] дозволили оптимізувати програмну реалізацію цього алгоритму, зробивши його доступним для обробки надвеликих масивів даних (Big Data).

У контексті публічного управління, теоретичні аспекти цифровізації державного сектору України активно розробляються вітчизняними вченими. Зокрема, А. Олешко [1] визначає ключові імперативи цифрового розвитку, акцентуючи увагу на необхідності переходу до управління на основі даних (Data-driven decision making). С. Шевченко [5] аналізує інструменти Government Relations та цифровізацію взаємодії влади і бізнесу, вказуючи на важливість прозорості та автоматизації моніторингу управлінських процесів. Проте, незважаючи на значні успіхи у впровадженні екосистеми «Дія», питання інтелектуального аналізу поведінкових профілів суб'єктів у таких системах залишається малодослідженим.

Важливим напрямом є також інкрементальний аналіз даних. Оскільки управлінські події генеруються у реальному часі, неможливо щоразу переобчислювати модель з нуля. Дослідження Т. Хонга, С. Ліна та Ю. Ву [6] присвячені створенню інкрементальних FP-дерев, які дозволяють оновлювати знання про патерни при надходженні нових даних. Це створює наукове підґрунтя для побудови динамічних систем моніторингу в публічному секторі.

Окрему групу досліджень становлять праці, присвячені метрикам оцінювання якості знайдених правил. П. Тан та В. Кумар [7] провели критичний аналіз таких показників, як Support, Confidence та Lift. Вони довели, що для виявлення значущих (а не просто частих) взаємозв'язків показник Lift є найбільш репрезентативним, оскільки він враховує статистичну незалежність подій. Це положення є ключовим для нашого дослідження при виборі оптимальної часової гранулярності кошика.

Закордонні науковці, зокрема С. Верма [8], розглядають використання Big Data Analytics саме у публічному секторі як інструмент боротьби з корупцією та неефективністю. Н. Лі та Дж. Лі [9] акцентують увагу на тому, що асоціативні правила в системах e-government дозволяють виявляти «приховані сценарії» взаємодії, які можуть свідчити про змови або аномалії в роботі державних службовців.

Разом з тим, аналіз існуючих публікацій свідчить що більшість робіт зосереджені або на чисто математичних аспектах алгоритмів, або на загальних перевагах цифровізації. Практично відсутні дослідження, які б поєднували концепцію «актор-орієнтованого кошика» (Actor-centric Basket) з циклічністю державних управлінських процесів (добові, тижневі цикли). Саме це зумовило вибір теми статті та напрям наукового пошуку — обґрунтування добової агрегації даних як найбільш інформативної моделі для аналізу дій акторів у подієвих системах публічного управління.

Метою роботи є обґрунтування та експериментальна перевірка методу аналізу дій акторів у подієвих системах публічного управління на основі алгоритму FP-Growth.

Центральним елементом пропонованого підходу є методологія Actor-centric Basket (актор-орієнтований кошик). Традиційний аналіз кошиків (Market Basket Analysis) розглядає набір товарів у межах однієї покупки. У роботі ми адаптуємо цю модель: «кошиком» стає сукупність усіх дій, зафіксованих за конкретним ідентифікатором (актором) протягом визначеного часу.

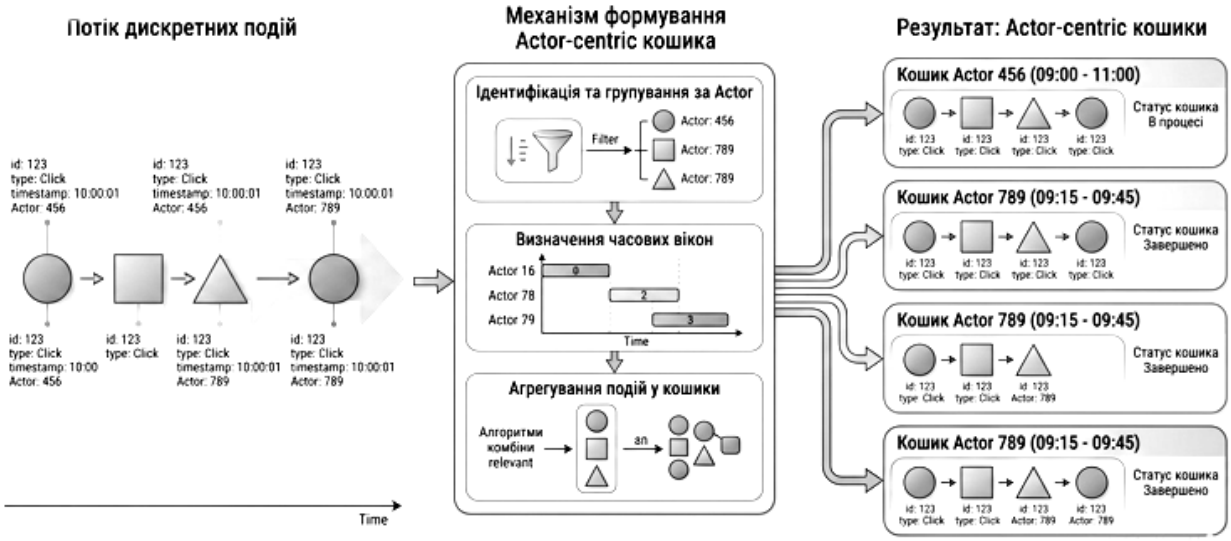


Рис. 1. Схема формування Actor-centric кошика з потоку дискретних подій

Подієвий кошик $B_{a,d}$ визначається як підмножина подій, здійснених актором a протягом часового інтервалу d:

$$B_{a,d} = \{e_j \in E , actor\ (e_j) = a, time\ (e_j) \in [t_{start}, t_{end}]\}$$

Формування кошика $B_{a,d}$ дозволяє агрегувати контекст: тип події, тематику, локацію та тональність. Це дає змогу бачити не просто факт дії, а її семантичне оточення. Це відповідає нормам Закону України «Про особливості надання публічних послуг» [10] та технічним регламентам системи «Трембіта» [11].

Було виконано формалізацію моделі Actor-centric Basket. Об'єктом аналізу є сукупність дій суб'єктів (акторів) у динамічній системі. Нехай $A = \{a_1, a_2, \ldots, a_m\}$ — множина унікальних акторів (посадовців, організацій або ідентифікованих користувачів), а $E = \{e_1, e_2, \ldots, e_n\}$ — всесвіт можливих типів подій (itemset), кожна з яких характеризується унікальним категоріальним кодом.

Для алгоритмічної реалізації та виявлення асоціацій було обрано алгоритм FP-Growth (Frequent Pattern Growth), оскільки він має лінійну складність відносно кількості транзакцій і не потребує генерації кандидатів k-наборів. А також працює значно швидше за класичний алгоритм Apriori на великих масивах даних. Математично процес реалізовано у три етапи.

Етап 1. Попереднє сканування та фільтрація.

Етап 2. Побудова структури FP-Tree.

Етап 3. Рекурсивне видобування патернів (Mining).

Як зазначає А. Дей [12], цей підхід є оптимальним для Business Intelligence та систем підтримки рішень. Також важливо враховувати можливість пошуку узагальнених правил, що було описано в роботах Р. Сріканта та Р. Агравала [13].

Таблиця 1. Результати експерименту для Actor-centric кошика

Часова агрегація	Сер. розмір кошика	К-сть патернів	К-сть правил	Avg lift (top-50)
6 годин (H6)	2,9	215	48	2,4
12 годин (H12)	4,6	820	196	3,7
1 доба (D1)	7,3	2140	512	5,2

Експеримент проводився на трьох рівнях часової агрегації. Детальна інтерпретація результатів для публічного управління наступна: агрегація 6 годин (H6) має малий розмір кошика (2,9 елемента) та низький показник Lift (2,4) що свідчить про випадковий характер. Агрегація 12 годин (H12) має зростання паренів вчетверо. Показник Lift (3,7) вже дозволяє виявляти стійкі зв'язки. Агрегація (D1) має найвищий рівень інформативності (Lift 5,2) це критично важливий висновок. Саме в межах доби формується повний контекст дії актора. Велика кількість правил (512) дозволяє системі підтримки прийняття рішень (DSS) автоматично підсвічувати ризикові комбінації (наприклад, "Conflict + Security Topic -> Negative Tone"), що дає час на підготовку контрзаходів.

Таким чином експериментальне дослідження моделі Actor-centric Basket у поєднанні з алгоритмом FP-Growth дозволяють зробити низку фундаментальних висновків щодо природи поведінкових патернів у системах публічного управління та оптимальних методів їх виявлення. Вибір алгоритму FP-Growth для аналізу дій акторів не був випадковим. FP-Growth демонструє кращу масштабованість на великих масивах асинхронних подій. Зростання показника Lift (див. таблицю 1) є стабільне при збільшенні вікна агрегації до 24 годин. Встановлено, що добова агрегація забезпечує найбільш репрезентативні результати для стратегічного аналізу.

Список використаних джерел

1. Олешко А. А. Ключові імперативи державного управління цифровим розвитком/ Олешко А. А. // Держава та регіони. Серія «Державне управління». – 2019. –№ 3 (67). –С. 87–91. DOI: 10.32840/1813-3401-2019-3-16.

2. Agrawal R., Srikant R. Fast Algorithms for Mining Association Rules in Large Databases. Proceedings of the 20th VLDB Conference. 1994. P. 487–499.

3. Han J., Pei J., Yin Y. Mining frequent patterns without candidate generation/ Han J., Pei J., Yin Y. //ACM SIGMOD Record. –2000. Vol. 29. No. 2. –P. 1–12.
4. Borgelt C. An Implementation of the FP-growth Algorithm. Proceedings of the 1st International Workshop on Open Source Data Mining (OSDM '05). 2005. –P. 1–5.
5. Шевченко С.О. Інструменти Government Relations у контексті публічного управління/ Шевченко С.О. // Держава та регіони. Серія: Публічне управління і адміністрування. –2024. –№ 1. –С. 45-52.
6. Hong T. P., Lin C. W., Wu Y. L. Incrementally fast updated frequent pattern trees/ Hong T. P., Lin C. W., Wu Y. L. // Expert Systems with Applications. –2008. –Vol. 34(4). –P. 2424–2435.
7. Tan P.-N., Kumar V. Selecting the right objective measure for association analysis/ Tan P.-N., Kumar V. // Information Systems. –2004. –Vol. 29(4). –P. 293–313.
8. Verma S., Bhattacharyya S. Big Data Analytics in Government: A Systematic Literature Review / Verma S., Bhattacharyya S. // International Journal of Public Administration. –2020. –Vol. 43(12). –P. 1021-1035.
9. Li N. Application of Association Rule Mining in E-government Data Analysis/ Li N. // Journal of Software Engineering. –2015. –Vol. 8. –P. 450-458.
10. Закон України «Про особливості надання публічних (електронних публічних) послуг» від 15.07.2021 № 1689-IX.
11. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про єдину інформаційну систему „Трембіта“» від 17.01.2018 № 60.
12. Dey A. Implementation of FP-Growth algorithm for business intelligence/ Dey A. // Journal of Computer Science & Technology. –2018. –Vol. 4. –P. 89-94.
13. Srikant R., Agrawal R. Mining generalized association rules/ Srikant R., Agrawal R. //Future Generation Computer Systems. –1997. –Vol. 13(2–3). –P. 161–180.
14. Grahne E., Zhu J. Fast Algorithms for Equilibrium Mining/ Grahne E., Zhu J. // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. –2005. –Vol. 17. –P. 134-141.

SECTION: INTERNATIONAL RELATIONS

ПРОСУВАННЯ КНР «ІНІЦІАТИВИ З ГЛОБАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ» НА БЕЗПЕКОВИХ ФОРУМАХ

Шкарупета Влада Андріївна
здобувачка ступеня доктора філософії з міжнародних відносин
аспірантка кафедри міжнародних відносин і політичної філософії
Навчально-науковий інститут міжнародних відносин
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця, Україна

КНР спрямовує свої зусилля на побудову підґрунтя з метою легітимізації статусу наддержави у XXI столітті. «Ініціатива з глобального розвитку», «Ініціатива з глобальної безпеки», «Ініціатива глобальної цивілізації» та «Ініціатива з глобального урядування» , затверджені впродовж 2022 – 2025 років, яскраво демонструють китайську стратегію становлення нового міжнародного порядку. Довгострокова візія «спільноти єдиної долі людства» Сі Цзіньпіна орієнтована насамперед на держави Глобального Півдня, що покликано закріпити лідерство Китаю у спільноті держав, що розвиваються. Подібна дипломатична системи опирається на принципи діалогу, миру, спільної безпеки, рівності держав, гармонії, інновації та прогресу заради всіх.

Наголосимо, що безпекові форуми – майданчики видимості, поширеності та прийняття ціннісної моделі КНР. Концептуальний документ закріплює цей практичний інструмент реалізації «Ініціативи з глобальної безпеки». З одного боку, КНР намагається підкреслити відкритість до діалогу усіх держав. Зазначає, що модель передбачає залученість до кооперації та об’єднання у побудові спільного майбутнього. Водночас, безпекові форуми Китаю становлять виклик традиційним усталеним західним практикам, зокрема Мюнхенська безпекова конференція, яка вважається малоефективною, застарілою та ексклюзивною. Посилюється фрагментація міжнародного безпекового дискурсу.

Понад усе, китайські приклади безпекових форумів впроваджуються принцип неподільності безпеки (indivisible security) [7]. Взаємопов’язаність сучасних безпекових проблем поєднує традиційні та нетрадиційні безпекові моделі. У цілому, до кола основних питань форумів належать миротворництво, контроль озброєнь, підтримка регіональних безпекових систем, інформаційна та кібербезпека, продовольча та енергетична безпека, боротьба з транскордонними злочинами, наукове співробітництво з новітніх оборонних технологій.

Найбільшої визнання отримує Beijing Xiangshan Forum проводить за підтримки Китайського товариства військових досліджень та Китайського товариства міжнародних стратегічних досліджень з 2015 року. Він був переформатований під дискурс «Ініціативи з глобальної безпеки» , але вже був

відомий як платформа дипломатії другого треку з 2006 року. У 2024 році близько 1800 учасників з 100 країн змогли долучитися до роботи форуму [1]. Мультиполярність, засуджень блокових протистоянь, мирне співробітництво у Азіатсько-Тихоокеанському регіоні, впровадження новітніх технологій у оборонній галузі – головна тематика форуму. Слід зазначити, що подія сприяє зміцненню двосторонніх та багатосторонніх зв'язків у сфері підготовки та проведення спільних військових навчань.

Global Public Security Cooperation Forum приділяє увагу впровадженню безпекових практик шляхом права та експертних думок. Розробка китайської методології дослідження питань суспільної безпеки додає авторитетності безпековому форуму. Індекс глобальної суспільної безпеки, розроблений у 2024 році, дає можливість провести порівняльний аналіз безпекових практик держав у галузях суспільного порядку та безпеки, боротьбі з тероризмом, кібербезпеці та безпеки дорожнього руху. Порівнюючи з 23 державами-учасниця у 2024 році, вже 50 держав долучитися до цього проєкту у 2025 році. Збільшення зацікавленості, особливо серед держав, що розвиваються, демонструє правильний напрям розвитку платформи та можливої гармонізації політики з суспільної безпеки [5].

Якщо Xiangshan Forum висвітлює стратегічні погляди щодо світового порядку, то Global Public Security Cooperation Forum виділяється програмами у сфері оперативного співробітництво у боротьбі з транскордонними злочинами. Наприклад, впродовж 2024-2025 років запроваджено спільні ініціативи щодо співробітництва у боротьбі зі шахрайством у сфері телекомунікацій і Інтернету, а також щодо вирішення проблем із синтетичними наркотичними речовинами, у боротьбі з тероризмом [4]. На полях форуму КНР разом з В'єтнамом, Камбоджею, Лаосом, М'янмою, Таїландом погодили регіональної мережі у протидії онлайн шахрайств у вересні 2025 року.

China-Latin America High-Level Defense Forum сприяв зміцненню оборонних зв'язків завдяки послідовним механізмам діалогу на високому рівні в рамках Співтовариства держав Латинської Америки та Карибського басейну, що призвело до покращення координації дій щодо нетрадиційних загроз. Шостий форум, що відбувся у 2025 році за участю представників 18 країн, завершився ухваленням угоди щодо поглиблення практичного співробітництва у сферах ліквідації наслідків стихійних лих, боротьби з наркотиками та кібербезпеки, допомагає просуванню концепції «Зони миру» в Америці [8]. Форум розширив обмін у сфері професійної військової освіти, надавши латиноамериканським офіцерам більше можливостей для навчання у китайських навчальних закладах.

Так само China-Africa Peace and Security Forum покликаний об'єднати зусилля з розвитку людського потенціалу та гуманітарної безпеки. Цей форум досяг конкретних результатів у сфері розбудови потенціалу в рамках Форуму співробітництва Китай-Африка. У 2025 році скоординовано підготовку приблизно 1 700 африканських військовослужбовців та співробітників служб безпеки, зміцнюючи місцеві миротворчі можливості у регіонах Сахеля та півострова Африканського Рогу [5]. Організовано організації численних семінарів з військової освіти та консультацій з питань боротьби з тероризмом,

зокрема першого семінару з військової освіти та тематичних конференцій з військової медицини. Він сприяв глибшій інтеграції програм у сфері безпеки та розвитку, пов'язуючи зусилля з підтримання миру з проектами у сфері інфраструктури та цифрової економіки в рамках «Ініціативи з глобальної безпеки» та «Ініціативи з глобального розвитку».

Платформа підтримувала ініціативи під егідою Африканського союзу, надаючи логістичну та технічну допомогу для миротворчих операцій, а також сприяючи обміну молодими та середнього віку військовими офіцерами, що дозволило створити довгострокові мережі довіри. Крім того, вона сприяла створенню спеціальних механізмів партнерства між Китаєм та Африкою у сфері безпеки, оголошених під час саміту Форуму співробітництва Китай-Африка 2024 року, включаючи зобов'язання щодо додаткової грантової підтримки та спільних лабораторій, зосереджених на технологіях, пов'язаних із безпекою.

Middle East Security Forum вирізняється спробою запропонувати нову модель безпекової архітектури Близького Сходу. На його другій сесії 2022 року розроблено широко обговорювану пропозицію з чотирьох пунктів, в якій наголошувалося на спільній безпеці та місцевій відповідальності. Це безпосередньо сприяло успішному посередництву Китаю у відновленні дипломатичних відносин між Саудівською Аравією та Іраном у 2023 році [2]. Форум сприяв досягненню широкого консенсусу серед учасників щодо дотримання принципів Статуту ООН та підтримки палестинської державності, що зміцнило імідж Китаю як збалансованого про арабського гравця в регіоні. Він сприяв проведенню постійних діалогів у форматі «Трек 1.5», які покращили канали комунікації між державами Перської затоки та іншими гравцями Близького Сходу з таких питань, як морська безпека та запобігання конфліктам. Платформа також інтегрувала аспекти економічної безпеки, пов'язавши дискусії щодо стабільності з проєктами співпраці в рамках ініціативи «Один пояс, Один шлях» [6].

Підсумовуючи, безпекові форуми слугують інструментами інституціоналізацію «Ініціативи з глобальної безпеки» КНР. Вони виходять за межі панельних дискусій та засідань комітетів, а пропонують конкретні заходи – розробка концептуальних документів, впровадження спільних ініціатив та навчальних програм, механізми врегулювання безпекових питань. Китай адаптує формати під регіональні порядки, стратегічні цілі та виклики. Подібна мережа показує китайський гнучкий багаторівневий підхід, що посилює вплив на держави Глобального Півдня в умовах фрагментованого міжнародного порядку.

Список використаних джерел

1. Beijing Xiangshan Forum: official website. URL: https://www.xiangshanforum.cn/ (дата звернення: 25.05.2026)
2. Briefing on the Second Middle East Security Forum by the Head of China Institute of International Relations. China Institute of International Studies. September 23, 2022. URL: https://www.ciis.org.cn/english/NEWS_183/202209/t20220923_8716.html (дата звернення: 25.05.2026)

3. Forum on China-Africa Cooperation: official website. URL: http://www.focac.org.cn/eng/ (дата звернення: 26.05.2026)
4. Global Public Security Cooperation Forum : official website. URL: https://www.lianyungangforum.org/en/GPSCF/ (дата звернення: 25.05.2026)
5. Global Public Security Index Report 2025. Global Public Security Cooperation Forum. URL: https://www.lianyungangforum.org/en/achievement/
241.html (дата звернення: 26.05.2026)
6. Report on Global Security Situation 2025. Chinese Center of International Relations. February, 2026. URL: https://www.ciis.org.cn/english/ResearchOutcomes /PUBLICATIONS/202604/W020260422405102753678.pdf (дата звернення: 24.05.2026)
7. The Global Security Initiative: concept paper. Ministry of Foreign Affairs People's Republic of China. February 21, 2023. URL: https://www.fmprc.gov.cn/eng/zy/gb/202405/t20240531_11367484.html (дата звернення: 25.05.2026)
8. Vice Foreign Minister Miao Deyu Attends the High-Level Dialogue of the 6th China-Latin America High-Level Defense Forum and Delivers a Thematic Speech. Ministry of Foreign Affairs People's Republic of China. September 20, 2025. URL: https://www.mfa.gov.cn/eng/xw/wjbxw/202509/t20250922_11713085.html (дата звернення: 25.05.2026)

ФОРМУВАННЯ ІМІДЖУ НАТО ЯК ГАРАНТА КОЛЕКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ СУЧАСНИХ БЕЗПЕКОВИХ ВИКЛИКІВ

Діжурко Аліна Григорівна
здобувачка вищої освіти
Факультет права, врядування та міжнародних відносин
Київського столичного університету
імені Бориса Грінченка, Україна

Після повномасштабного російського вторгнення 2022 року імідж НАТО радикально змінився. Альянс заявив про єдність і готовність відповісти на агресію: як зазначено в Мадридській декларації саміту НАТО (червень 2022), «НАТО залишається фундаментом нашої колективної оборони», а його зобов'язання за Статтею 5 Вашингтонського договору – непохитні[1]. Стратегічна концепція НАТО 2022 року офіційно підкреслює, що «ключова мета» Альянсу – забезпечити колективну оборону союзників із «360-градусним підходом»,

[1] North Atlantic Treaty Organization (NATO). (2022, June 29). Madrid Summit Declaration. Retrieved from https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2022/06/29/madrid-summit-declaration

відображаючи кризове середовище сучасності[2]. Українська війна, кібератаки та гібридні загрози змусили Альянс оновити свої меседжі: наприклад, у Вільнюському комюніке (липень 2023) підтверджено, що «НАТО – оборонний Альянс… ми завжди будемо захищати кожен дюйм території союзників[3]». Генеральний секретар Й. Столтенберг також неодноразово наголошував, що «НАТО – оборонний Альянс… Ми не загрожуємо Росії чи будь-кому іншому, але вживатимемо всіх необхідних заходів, щоб захистити та оборонити всіх союзників[4]». У такий спосіб комунікація Альянсу перенавчила громадську думку: замість пасивності – образ активного гаранта безпеки. НАТО вказує, що на новому етапі «стратегічні суперники» (РФ і Китай) використовують гібридні та кібершляхи для підриву безпеки, а тому Альянс має протидіяти ідеологічним атакам і дезінформації[5].

НАТО посилює імідж гаранта через офіційні документи, самітні декларації і публічні виступи. Стратегічна концепція 2022 р. та наступні політичні настанови чітко сформульовані: Альянс «реафірмує, що ключова мета і найбільша відповідальність – забезпечити колективну оборону союзників[6]». У комюніке самітів (Мадрид 2022, Вільнюс 2023, Вашингтон 2024) лідери закріплюють ці меседжі – вони підтверджують «здоровенний трансатлантичний зв'язок», відданість Статті 5 та реагування на усі загрози (включаючи кібер, гібридні атаки, тероризм і Китай)[7]. Наприклад, текст Мадридської декларації відкрито засуджує російську агресію і нагадує про «радикально змінене безпекове середовище», водночас заявляючи, що Альянс чітко відповідає на кризу» і прискорює адаптацію. Згідно з офіційною доктриною НАТО, альянс спільно застосовує дипломатичні та військові засоби» для захисту безпеки членів[8].

Публічні виступи та пресбрифінги Йенса Столтенберга стали ще одним інструментом формування образу: Генсек постійно наголошує на оборонному характері НАТО і висловлює солідарність із постраждалими від агресії. Наприклад, на Мюнхенській конференції в лютому 2022 він заявив, що «НАТО – оборонний Альянс… Ми ніколи не мали воєнних цілей щодо Росії» і водночас підкреслив готовність «вживати всі необхідні заходи, щоб захистити

[2] North Atlantic Treaty Organization (NATO). Strategic Concepts. Retrieved from https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/strategic-concepts

[3] North Atlantic Treaty Organization (NATO). (2023, July 11). Vilnius Summit Communiqué. Retrieved from https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2023/07/11/vilnius-summit-communique

[4] North Atlantic Treaty Organization (NATO). (2022, February 19). Remarks by NATO Secretary General Jens Stoltenberg at the Munich Security Conference. Retrieved from https://www.nato.int/en/news-and-events/events/transcripts/2022/02/19/remarks

[5] North Atlantic Treaty Organization (NATO). (2022, June 29). Madrid Summit Declaration.

[6] North Atlantic Treaty Organization (NATO). (2022). Strategic Concept 2022. Retrieved from https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/strategic-concepts

[7] North Atlantic Treaty Organization (NATO). (2023, July 11). Vilnius Summit Communiqué.

[8] NATO Allied Command Transformation. (2023). NATO Defence and Security Campaign Toolkit. Retrieved from https://www.act.nato.int/wp-content/uploads/2023/06/nato-dsct.pdf

союзників[9]». Такі заяви передруковуються й іноземними ЗМІ, посилюючи сприйняття Альянсу як захисника миру.

Стратегічні комунікації також включають майже рекламну кампанію «WeAreNATO», де ключові меседжі прописані чітко: «НАТО виступає гарантом безпеки та захищеності для своїх членів… Він бореться із сучасними загрозами через дипломатию, консенсус і співпрацю[10]». Цей внутрішній інструмент відображає те, як НАТО хоче себе представити громадськості: як зібрання країн, які захищають одна одну і постійно інвестують в оновлення своєї обороноздатності.

Окрім традиційних каналів, НАТО дедалі активніше використовує цифрові платформи. Союз веде широкі інформаційні кампанії в інтернеті й соцмережах: наприклад, під час саміту у Вашингтоні 2024 року організовано NATO Public **Forum** з хештегами #NATOSummit і #WeAreNATO, де долучилися молодіжні форуми та контент-кріейтори. Ці ініціативи передбачають залучення впливових блогерів та студентів для донесення ключових меседжів (на кшталт «Альянс об'єднує народи заради безпеки»), що розширює охоплення аудиторії. НАТО також активне у веденні інфографік, відео, подкастів і навіть «віртуальних круглих столів» онлайн – у 2024 р. запущено, наприклад, подкаст #StratComPodcast, де експерти обговорюють страткомунікації та сучасні загрози. Важливим компонентом є діяльність Центру стратегічних комунікацій НАТО (StratCom COE), розташованого в Ризі. Центр видає аналітичні звіти, розвиває цифрові симулятори й інструменти (наприклад, тренінгову платформу InfoRange, що відтворює реальне інформаційне середовище для навчання військових і дипломатів)[11]. Така діяльність укріплює імідж НАТО як організації, яка розуміє і протидіє новим формам інформаційної війни. У своїх матеріалах альянс постійно нагадує про єдність фактів: за офіційною термінологією, НАТО активно бореться з «інформаційними загрозами» через проактивну прозору комунікацію і співпрацю з медіа. Центр проводить регулярні конференції (наприклад, «Riga StratCom Dialogue»), публікує навчальні курси та аналітику, утримуючи публічний канал YouTube для просвіти і спростування фейків. У сумі ці дії формують образ НАТО як сучасної організації, що володіє інноваційними інструментами публічної дипломатії. Як і підкреслюється у «НАТО-фандрейзингових» матеріалах, Альянс «діє не тільки військовою силою, а й дипломатією та інформаційними засобами[12]». Приклади онлайнового залучення – від використання хештегів до вербування лідерів думок та молоді – ілюструють

[9] Stoltenberg, J. (2022, February 19). Remarks by NATO Secretary General Jens Stoltenberg at the Munich Security Conference. NATO. Retrieved from https://www.nato.int/en/news-and-events/events/transcripts/2022/02/19/remarks

[10] Allied Command Transformation. (2023). *NATO Defence and Security Campaign Toolkit* [PDF]. Norfolk, VA: NATO ACT. Retrieved from https://www.act.nato.int/wp-content/uploads/2023/06/nato-dsct.pdf

[11] Allied Command Transformation. (2023). *NATO Defence and Security Campaign Toolkit*

[12] NATO. (n.d.). NATO's approach to counter information threats. Retrieved from https://www.nato.int/en/what-we-do/wider-activities/natos-approach-to-counter-information-threats

прагнення НАТО «завоювати розум» аудиторії, особливо молодого покоління в країнах-членах і поза ними.

Цілеспрямована комунікація НАТО помітно впливає на його сприйняття як гаранта безпеки серед ключових аудиторій. У самих країнах-членах підтримка альянсу залишається високою. За даними офіційних опитувань NATO Public Opinion Research, станом на 2024 рік понад 70% громадян альянсу вважають НАТО важливим для майбутньої безпеки їхніх держав, і більшість узгоджується захищати союзників у разі нападу. Наприклад, 63% опитаних у квітні–травні 2024 року заявили, що їхня країна має захищати союзника (Article 5)[13], водночас 76% схвалюють збереження або нарощення військових витрат на оборону. У Польщі та країнах Прибалтики, які безпосередньо стурбовані російською загрозою, рівень довіри до НАТО історично дуже високий (за міжнародними опитуваннями, близько 80% поляків мають позитивне ставлення до альянсу). У східноєвропейських країнах Альянсу (Угорщина, Чехія тощо) також переважає позитивна думка (напр. 68% угорців оцінюють НАТО прихильно)[14]. Навіть у самій Україні – кандидата у члени НАТО – громадська думка розвернулася на підтримку альянсу: за опитуванням 2023 р., 89% українців підтримали б вступ у НАТО (найвищий показник в історії країни). Такий результат є прямим наслідком російської агресії: кожна нова фаза війни докорінно змінює думки громадян, консолідуючи їх навколо стратегічного курсу на євроатлантичну інтеграцію[15].

Водночас за межами Євро-Атлантики сприйняття НАТО неоднорідне. Дослідження університету Кембриджу показують, що війна в Україні «привела населення Заходу до ще більшої прихильності як до США, так і до НАТО[16]». Але населення багатьох країн Африки, Азії, Латинської Америки (т.зв. «Глобального Півдня») продовжує демонструвати більшу симпатію до Росії та Китаю: до 70% людей у цих регіонах позитивно сприймають Китай, а 66% – Росію[17]. Цей розподіл є радше ідеологічним, ніж виключно географічним: країни, що орієнтуються на західні цінності, підтримують і НАТО, і західні санкції проти Кремля, тоді як решта світу залишається на боці «неоколоніальних» наративів Кремля і Пекіна. У відповідь НАТО намагається збільшити залученість на «півдні»: введено нові формати діалогу з партнерами за межами Атлантики. Існують програми «Partners Across the Globe» (партнерство з Японією, Австралією, Республікою Корея для спільної розробки кіберзахисту, обміну розвідданими тощо). Аналітики НАТО вказують, що розширення співпраці з

[13] NATO. (n.d.). NATO public opinion research. Retrieved from https://www.nato.int/en/what-we-do/wider-activities/nato-public-opinion-research

[14] Pew Research Center. (2025, June 23). NATO viewed favorably across 13 member nations. Retrieved from https://www.pewresearch.org/global/2025/06/23/nato-viewed-favorably-across-13-member-nations/

[15] Free Policy Briefs. (2023, October 30). Ukraine & NATO: Public Opinion. Retrieved from https://freepolicybriefs.org/2023/10/30/ukraine-nato-public-opinion/

[16] University of Cambridge. A world divided: How COVID, war and social media polarised the globe. Retrieved from https://www.cam.ac.uk/stories/worlddivided

[17] University of Cambridge. A world divided: How COVID, war and social media polarised the globe.

такими країнами, як Індія, Бразилія чи Індонезія, може «зміцнити легітимність» Альянсу як глобального захисника правил міжнародного порядку[18]. Отже, активна публічна дипломатія та інформаційні кампанії НАТО разом із прозорістю ухвалених рішень підвищують довіру в регіонах-союзниках, а в інших частинах світу сприяють формуванню проактивного образу Альянсу як модернізованого гаранта безпеки.

Отже, з 2022 по 2025 рік НАТО провело комплекс заходів у сфері зовнішніх комунікацій, аби утвердити себе як надійного гаранта колективної безпеки. Офіційні документи й виступи лідерів Альянсу дедалі більше акцентують ролі НАТО у стримуванні агресії (особливо російської) та у відбитті нових кібер- і гібридних загроз. Одночасно воєнна солідарність підкріплюється ініціативами у публічній і цифровій дипломатії: це охоплює просвітницькі кампанії, мультимедійні ресурси, активну взаємодію через соцмережі і Центр стратегічних комунікацій. Як наслідок, опитування показують зростаючу підтримку НАТО серед населення союзу та України, а також поступове розуміння його ролі в країнах Східної Європи. Хоча в країнах Глобального Півдня образ НАТО залишається змішаним, цілеспрямована публічна дипломатія і партнерства дозволяють Альянсу посилити свій глобальний вплив і реагувати на конкуренцію з боку Росії та Китаю.

Список використаних джерел

1. Allied Command Transformation. (2023). NATO defence and security campaign toolkit. NATO. https://www.act.nato.int/wp-content/uploads/2023/06/nato-dsct.pdf
2. Free Policy Briefs. (2023, October 30). Ukraine & NATO: Public opinion. https://freepolicybriefs.org/2023/10/30/ukraine-nato-public-opinion/
3. NATO. (n.d.). NATO public opinion research. https://www.nato.int/en/what-we-do/wider-activities/nato-public-opinion-research
4. NATO. (n.d.). NATO's approach to counter information threats. https://www.nato.int/en/what-we-do/wider-activities/natos-approach-to-counter-information-threats
5. NATO. (2022, February 19). Remarks by NATO Secretary General Jens Stoltenberg at the Munich Security Conference. https://www.nato.int/en/news-and-events/events/transcripts/2022/02/19/remarks
6. NATO. (2022, June 29). Madrid Summit Declaration. https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2022/06/29/madrid-summit-declaration
7. NATO. (2022). NATO 2022 Strategic Concept. https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/strategic-concepts
8. NATO. (2023, July 11). Vilnius Summit Communiqué. https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2023/07/11/vilnius-summit-communique

[18] NATO Association of Canada. (n.d.). The Other Hemisphere: NATO's Engagement with the Global South. Retrieved from https://natoassociation.ca/the-other-hemisphere-natos-engagement-with-the-global-south

9. NATO. (n.d.). Strategic concepts. https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/strategic-concepts
10. NATO Association of Canada. (n.d.). The other hemisphere: NATO's engagement with the Global South. https://natoassociation.ca/the-other-hemisphere-natos-engagement-with-the-global-south
11. Pew Research Center. (2025, June 23). NATO viewed favorably across 13 member nations. https://www.pewresearch.org/global/2025/06/23/nato-viewed-favorably-across-13-member-nations/
12. University of Cambridge. (n.d.). A world divided: How COVID, war and social media polarised the globe. https://www.cam.ac.uk/stories/worlddivided

ФРАНЦІЯ ТА УКРАЇНА: ТРАНСФОРМАЦІЯ СТРАТЕГІЧНОГО ПАРТНЕРСТВА В УМОВАХ ВІЙНИ

Баранова Наталя Валеріївна
к.і.н.
Київський столичний університет
імені Бориса Грінченка
м. Київ, Україна

Актуальність проблеми. У сучасних міжнародних відносинах трансформація глобального середовища вимагає від провідних держав виходу за межі суто матеріальних чинників впливу. Концепція «м'якої сили», що ґрунтується на привабливості інституційних цінностей, дипломатичному авторитеті та культурному капіталі, набуває вирішального значення у геополітичних кризах. Франція, володіючи статусом ядерної держави, постійного члена Ради Безпеки ООН та провідного політичного драйвера Європейського Союзу, розглядає кризу в Україні як екзистенційний виклик європейському порядку. Публічна дипломатія Парижа трансформується з інструменту політичного позиціонування на дієвий механізм формування континентального консенсусу навколо ідеї стратегічної автономії. Здатність французького керівництва ініціювати масштабні оборонні та гуманітарні ініціативи конвертується в унікальний політичний капітал, закріплюючи за Парижем статус архітектора європейської безпеки.

Мета дослідження. Виявити ключові чинники та механізми перетворення французької підтримки України на ефективний інструмент стратегічного впливу та «м'якої сили», а також оцінити її вплив на зміцнення європейської безпекової архітектури.

Результати наукових досліджень. Аналіз французької зовнішньої політики демонструє складну еволюцію від спроб посередницької дипломатії до безкомпромісної підтримки України. Як зазначається в дослідженні, підтримка суверенітету, незалежності та територіальної цілісності України є не лише питанням допомоги вільному народові, а й захисту міжнародного права та

безпеки європейського континенту [1]. На сучасному етапі Париж виходить із розуміння, що архітектура європейської безпеки не може бути стійкою без повної інтеграції України до євроатлантичних структур. У ширшому контексті французька стратегія спрямована на захист ліберального міжнародного порядку від ревізіоністських зазіхань авторитарних режимів.

У цьому контексті зовнішньополітичний курс Емманюеля Макрона зазнав кардинальної трансформації: відверта військова допомога та політична підтримка Києва стали ключовими елементами французької доктрини європейського суверенітету. Як зазначають дослідники, французька дипломатія послідовно наголошує на неприпустимості порушення норм міжнародного права, розглядаючи агресію проти України як пряму загрозу стабільності та безпеці всього європейського простору [2]. Цей перехід від дипломатичних маневрів до системного лідерства демонструє здатність французької еліти адаптувати національні інтереси до нових реалій глобального протистояння.

Франція демонструє унікальний синергетичний підхід, поєднуючи політичне посередництво з постачанням новітніх зразків озброєнь. Використовуючи потужності власного військово-промислового комплексу, Париж передав українським силам оборони далекобійні ракети SCALP-EG, артилерійські системи Caesar, бронетехніку та організував підготовку тисяч військовослужбовців. Це свідчить про готовність Франції підкріплювати концепцію стратегічної автономії реалістичними діями на полі бою.

Натомість в економічному та санкційному вимірах французька дипломатія активно працює над мінімізацією російського впливу на європейські ринки та підтримкою макрофінансової стійкості України. Зокрема, такі кроки гармонійно доповнюються масштабними гуманітарними та інфраструктурними проєктами. Як свідчать офіційні дані, французька сторона системно реалізує ініціативи з постачання медичного обладнання, генераторів, підтримки критичної інфраструктури та допомоги постраждалим регіонам [3]. Це перетворює двосторонню співпрацю на потужний інструмент довгострокового геополітичного закріплення Парижа в регіоні.

Регіональний вимір французької стратегії охоплює активну участь у проєктах «зеленого» переходу, екологічного моніторингу та ліквідації наслідків екологічних катастроф на території України [5]. Водночас потужний імпульс отримує освітня та наукова дипломатія через партнерства між університетами та стипендіальні програми для українських дослідників.

Висновки. Підсумовуючи, можна стверджувати, що багатовекторна підтримка України з боку Франції еволюціонувала у базовий елемент її зовнішньополітичної стратегії, що поєднує елементи «м’якої сили», військово-технічне партнерство та лідерство в євроінтеграційних процесах. Париж успішно конвертує допомогу Києву в зміцнення власних лідерських позицій у ЄС, закладаючи надійний фундамент для довгострокової безпеки європейського континенту.

Список використаних джерел

1. Hamonic A. Introduction. Quelle spécificité de la défense en droit de l'Union européenne ?. La spécificité de la défense en droit de l'Union européenne. Presses universitaires de Rennes, 2025. P. 17–42. URL: https://shs.hal.science/halshs-05099727v1 (дата звернення: 22.04.2026).
2. Денисенко К. Ю., Ковтун О. Ю. Політика Франції щодо України у контексті українсько-російської війни. Актуальні проблеми міжнародних відносин. 2021. Вип. 148. С. 27–33.
3. Кооперація: гуманітарна допомога та проєкти відбудови. Посольство Франції в Україні.
URL: https://france.mfa.gov.ua/spivrobitnictvo/289-torgovelyno-jekonomichne-spivrobitnictvo-mizh-ukrajinoju-ta-francijeju (дата звернення: 22.04.2026).
4. L'engagement de la France en Ukraine : enjeux géopolitiques et sociétaux. Institut Français des Rélations Internationales (IFRI) Policy Paper. 2025. URL: https://www.ifri.org (date of access: 22.04.2026).
5. Tanevski S. French Diplomacy and the War in Ukraine. KNOWLEDGE – International Journal. 2025. Vol. 69.1. P. 335–340.

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.013

ДИПЛОМАТІЯ НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ВІДКРИТИМ КОДОМ

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

Дипломатія на основі штучного інтелекту з відкритим кодом – це формулювання, що дозволяє описати два тісно переплетені, але водночас досить відмінні процеси. Перш за все тут йдеться про використання моделей штучного інтелекту з відкритим кодом як сучасного інструмента зовнішньої політики та м'якої сили, тобто коли одна країна або компанія займається поширенням своєї технології в інші країни, що в свою чергу створює залежність, довіру чи співпрацю в технологічному секторі. По-друге, у цьому формулюванні вбачається практична перевага використання технологій ШІ саме з відкритим кодом в щоденних рутинних задачах дипломатичного персоналу. При глибокому аналізі переговорних позицій різних сторін, перекладі великого обсягу матеріалів, наданні звичних консульських послуг або прогнозуванні безлічі можливих варіантів світових криз, штучний інтелект може прискорити виконання завдань, зняти рутинний тягар однотипної роботи, розглянути велику

кількість можливих кризових явищ та запропонувати ефективні шляхи їх вирішення, які було б важко опрацювати лише власними силами. [1]

Поява китайської моделі штучного інтелекту DeepSeek на початку 2025 року стало важливою подією для пожвавлення дискусій щодо потенційних переваг та ризиків геополітичного впливу даної технології. DeepSeek випустила у світ свої моделі R1 і V3, які більшою мірою мали відкритий код та стали прикладом того, що просунута модель ШІ може бути створена з більш помірними фінансовими інвестиціями. Вихід у світ цієї моделі також сильно вплинув на геополітичний простір. Наявність відкритого коду в DeepSeek дозволило державам Глобального Півдня та країнам, що не володіють своїми потужностями для постійного покращення й тренування великих мовних моделей, отримати вільний доступ до просунутих агентів штучного інтелекту без того, щоб повністю покладатися на найбільші відомі американські моделі, які робили б інші країни залежними від них. Значна частина дослідників сходиться на тому, що поява нового гравця на арені штучного інтелекту не порушує американські обмеження на експорт, які направлені на стримування розвитку китайського сектору технологій ШІ, разом з цим модель з відкритим колом відкриває можливості для країн, що не хочуть обмежувати себе наявними моделями виключно від найбільших американських постачальників на глобальному ринку. Своїм прикладом китайська модель DeepSeek сколихнула ринок і надихнула інших. Після відкриття DeepSeek почали з'являтися інші моделі відкритого типу, як-от Qwen від компанії Alibaba та Kimi від Moonshot AI. Великі американські гравці не оминули увагою такі зміни, і американська компанія Meta стала приділяти більше уваги власній відкритій моделі Llama, продовжуючи інвестувати в її майбутній потенціал. Така країна як Японія також не обійшла стороною тренд на відкриті моделі та представила модель під назвою Sakana AI.

Проаналізувавши сучасні тенденції в області ШІ, частина дослідників виділяє протистояння двох ключових стратегій ведення зовнішньої політики в сфері ШІ. Китайський підхід передбачає масове поширення відкритих та недорогих моделей ШІ для збільшення бази користувачів, впливу в геополітичному просторі та створенні залежності від своїх цифрових технологій агентів штучного інтелекту на нових ринках. Американська стратегія зазвичай віддавала перевагу концепції закритих екосистем, експортного контролю над передовими технологіями та партнерством лише з невеликою групою країн. Ті хто підтримують китайський підхід, наводять приклад того, що суто одна модель DeepSeek R1 станом на квітень 2025 року надавала послуги ШІ майже 97 мільйонам активних користувачів. Ті хто віддають перевагу американському підходу, піддають критиці переваги відкритої моделі і акцентують увагу на ненадійність такого роду моделей через можливість їх використання для неконтрольованого збору інформації та поширення упереджених наративів, які підтримуються країною-розробником цієї моделі штучного інтелекту. Крім найбільших гравців з Китай та США до гонки в сфері ШІ долучився і ЄС з французькою моделлю Mistral AI. ЄС передбачає великі можливості для ШІ з відкритим кодом і намагається побудувати власну технологічну незалежність від

китайських та американських гравців, і планує проводити розширену політику свого цифрового суверенітету. [2]

Аналогічно до глобальної конкуренції в сфері ШІ в дипломатичному полі все частіше держави приходять до розуміння, що ця нова технологія може бути досить корисним інструментом пришвидшення та оптимізації роботи. Різні міністерства закордонних справ та міжнародні організації починають активно впроваджувати інструменти ШІ у щоденні задачі. В 2025 році Держдепартамент США представив стратегію на 2026 рік, яка включала розширення можливостей свого штату працівників стосовно використання штучного інтелекту та покращення роботи відомства в секторі інформаційної інфраструктури. [3]

Крім того, існує багато дослідницьких та багатосторонніх ініціатив, що прагнуть покращити розуміння того як найефективніше використовувати ШІ інструменти в дипломатії. До прикладу, в Женеві розвивають проєкт Diplodocus – це за своєю суттю платформа Женевського університету, яка використовує штучний інтелект для моделювання й прогнозування майбутньої динаміки в міжнародних відносинах та метою якої є також надання всім учасникам багатостороннього дипломатичного процесу інструментів аналітики для вибудовування стратегії на випередження. В більш широких дискусіях ШІ в багатосторонній дипломатії часто обговорюють те, наскільки наявні інструменти повинні бути відкритими та відтворюваними для того, щоб невеликі країни та міжнародні організації мали змогу перевірити логічний ланцюг тих чи інших прогнозів, а не сліпо вірити в неупередженість та прозорість закритих в своїх екосистемах моделях від найбільших світових гравців. [4], [5]

Умовно можна виділити чотири ключові напрямки використання ШІ моделей у сфері дипломатії. По-перше, аналіз і моніторинг, що в свою чергу включають обробку незліченної кількості джерел з відкритим кодом, моніторинг різних соціальних мереж, а також аналіз постійних потоків міжнародних новин для завчасного виявлення ймовірних кризових ситуацій або несподіваної зміни парадигми в тій чи іншій сфері життєдіяльності. По-друге, швидкий переклад з досить високим рівнем точності, тобто можна суттєво знизити рівень мовного бар’єру під час багатостороннього дипломатичного візиту. Така практика з відкритим кодом ШІ дає можливість невеликим дипломатичним делегаціям заощаджувати власні бюджетні кошти на коштовних представниках, які додають додаткові послуги перекладу. По-третє, надання консульських та адміністративних сервіси, тобто впровадження процесів автоматизації з ШІ моделями в стандартних запитах громадян, обробці звернень щодо надання віз та впровадження нових або покращення вже наявних чат-ботів для громадян, які перебувають за кордоном. Не в останню чергу слід не забувати про такий напрям використання як процес підготовки до переговорів, що охоплює часткове моделювання ймовірних сценаріїв і позицій інших сторін переговорів на базі відкритих даних. Звичайно слід з обережністю ставитися до будь-якої нової технології, особливо ШІ моделей, які можуть помилятися, а остаточно рішення в сфері дипломатії повинно завжди остаточно перевірятись та затверджуватись спеціально визначеною людиною. [6]

Серед ключових переваги ШІ моделей з відкритим кодом для завдань дипломатичного спрямування слід безпосередньо виділити незалежність від країни-постачальника технології, тобто ви маєте можливість розмістити локально модель на своїх потужностях, при цьому не передаючи чутливої дипломатичної інформації іноземних компаніям або державам. Також з'являється можливість проведення аудиту, тобто наявність відкритого доступу до коду моделі відкриває експертам цієї галузі шляхи до перевірки того, на яких даних модель була навчена, які механізми упередження в ній були закладені. Для країн з невеликими бюджетами для дипломатичних служб можливість застосування відносно недорогі та продуктивні моделі є вкрай позитивним явищем, що дозволяє їм швидше розвиватись та вчасно виконувати поставлені перед собою задачі. Не останнє місце також займає гнучкість в адаптації моделей з відкритим кодом у свої робочі процеси, де даний тип моделей дозволяє додатково навчати своїх ШІ агентів на власних мовах, дипломатичній термінології та історичному архіві публічних переписок в відповідному відомстві. Безсумнівно ШІ моделі з відкритим кодом мають свої вади та потенційні небезпеки, як-от факт того, що не завжди відкритий код може гарантувати прозорість розкриття даних, на яких він був натренований або навіть при умові повністю відкритої моделі, залежність від апаратного забезпечення та інфраструктурних рішень кількох великих постачальників не дають змоги по-справжньому мати автономну локальну ШІ модель, яка могла б гарантувати абсолютну безпеку. [7]

У підсумку, дипломатія на основі штучного інтелекту з відкритим кодом розвивається синхронно на двох рівнях, тобто як особливий інструмент державної стратегії розширення впливу через саму технологію і як практичний апарат оптимізації для дипломатичних служб. Наявність відкритого коду дає невеликим країнам шанс бути технологічно суб'єктними, тобто аналізувати, перекладати та моделювати на рівних з найбільшими акторами міжнародної арени, при цьому не стаючи повністю залежними від одного постачальника технології. Загалом ШІ з відкритим кодом одночасно є і інструментом геополітичного протистояння, і потенційним каналом розширення свого впливу, і потенційно новим джерелом ризиків. Одним з головним питань щодо ШІ моделей у сфері дипломатії в майбутньому буде в тому, чи стане можливим встановлення спільних багатосторонніх стандартів прозорості, аудиту й свідомого відповідального використання, які не будуть обмежуватись окремою ліцензією країни, яка займалася тренуванням та покращенням цієї моделі.

Список використаних джерел

1. AI for Diplomats // Belfer Center for Science and International Affairs (Harvard Kennedy School). – URL: https://www.belfercenter.org/research-analysis/ai-diplomats (дата звернення: 07.09.2026).
2. Bourgeot R. China's AI Rise: Open-Source Diplomacy and Engineering Culture / Rémi Bourgeot // IRIS (Institut de Relations Internationales et Stratégiques). – URL: https://www.iris-france.org/en/chinas-ai-rise-open-source-diplomacy-and-engineering-culture/ (дата звернення: 07.09.2026).

3. America's AI Action Plan // The White House (публікація розміщена на DiploFoundation). – 2025. – URL: https://www.diplomacy.edu/resource/americas-ai-action-plan/ (дата звернення: 07.09.2026).
4. Dapoigny E. AI in Multilateral Diplomacy / Eponine Dapoigny // Club Diplomatique de Genève. – URL: https://www.clubdiplomatique.ch/en/ai-in-multilateral-diplomacy/ (дата звернення: 07.09.2026).
5. AI in Diplomacy: Highlights from the April 15 Panel Discussion // Geneva Graduate Institute (Tech Hub). – URL: https://www.graduateinstitute.ch/communications/news/ai-diplomacy-highlights-april-15-panel-discussion (дата звернення: 07.09.2026).
6. Mostafaei H., Kordnoori S., Ostadrahimi M., Banihashemi S. S. A. Applications of Artificial Intelligence in Global Diplomacy: A Review of Research and Practical Models / Hamidreza Mostafaei, Shirin Kordnoori, Mohammadmohsen Ostadrahimi, Saeed Seyed Agha Banihashemi // ScienceDirect. – URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666188825000565 (дата звернення: 07.09.2026).
7. Theben A., Gunderson L., López-Forés L., Misuraca G., Lupiáñez-Villanueva F. Challenges and Limits of an Open Source Approach to Artificial Intelligence / Alexandra Theben, Laura Gunderson, Laura López-Forés, Gianluca Misuraca, Francisco Lupiáñez-Villanueva // European Parliament, Policy Department for Economic, Scientific and Quality of Life Policies. – 2021. – URL: https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/662908/IPOL_STU(2021)662908_EN.pdf (дата звернення: 07.09.2026).

SECTION: JURISPRUDENCE

ФІНАНСОВО-ПРАВОВІ МЕХАНІЗМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Шиловська Ганна Іллівна
здобувачка вищої освіти
Науковий керівник:
Фокша Лілія Володимирівна
к.ю.н., доцент
Кафедра цивільно-правових дисциплін
Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Україна

В умовах повномасштабної збройної агресії проти України відновлення держави є не лише економічним, а й фінансово-правовим завданням. Масштаб руйнувань зумовлює необхідність одночасного фінансування оборони, соціальних видатків, відновлення житла, енергетики, транспорту, критичної інфраструктури та підтримки економічної активності. Водночас обмеженість внутрішніх фінансових ресурсів не дозволяє забезпечити відновлення виключно за рахунок державного та місцевих бюджетів. За даними RDNA5, загальна потреба України у відновленні та реконструкції протягом наступного десятиліття оцінюється майже у 588 млрд доларів США [9]. Отже, основною науковою проблемою є відсутність достатньо цілісної фінансово-правової моделі відновлення України, яка б забезпечувала узгоджене функціонування внутрішніх і зовнішніх джерел фінансування, залучення приватного капіталу та ефективний контроль за використанням коштів.

Фінансово-правову модель відновлення доцільно розглядати як систему взаємопов'язаних правових механізмів мобілізації, розподілу, використання та контролю публічних фінансових ресурсів, доповнених механізмами залучення міжнародного та приватного капіталу. На відміну від підходу, за якого бюджетні, податкові, міжнародні, інвестиційні та контрольні інструменти розглядаються відокремлено, необхідним є їх функціональне поєднання в межах єдиної моделі [1, с. 7–10].

Перший блок моделі - внутрішній фінансовий. Його основу становить Державний бюджет України, через який концентрується та розподіляється значна частина публічних фінансових ресурсів. В умовах воєнного стану бюджетне регулювання має забезпечувати баланс між оборонними, соціальними та відновлювальними видатками, а також передбачати середньострокове планування і визначення пріоритетності публічних інвестицій [2; 4]. Водночас бюджетні ресурси мають доповнюватися стабільними податковими надходженнями. Податкова політика повинна поєднувати фіскальну функцію із

стимулюванням підприємницької та інвестиційної активності, оскільки приватний сектор є одним із ключових джерел майбутнього економічного відновлення [2].

Особливе місце в цьому блоці займають публічні інвестиції. Їх фінансування повинно здійснюватися на основі чітких критеріїв пріоритетності, економічної обґрунтованості, прозорості та очікуваного соціально-економічного ефекту [4]. Таким чином, внутрішній фінансовий блок має виконувати не лише функцію покриття поточних державних потреб, а й формувати фінансову основу довгострокового відновлення.

Другий блок - зовнішній фінансовий. Його необхідність обумовлена масштабом фінансових потреб України та недостатністю внутрішніх ресурсів. При цьому міжнародні фінансові інструменти доцільно розглядати не як сукупність самостійних механізмів, а як єдину систему зовнішньої підтримки державних фінансів.

До такого блоку належать насамперед грантове та бюджетне фінансування, пільгове кредитування і механізми, пов'язані з майбутнім відшкодуванням збитків державою-агресором. Показовим прикладом є Ukraine Facility, у межах якого фінансування поєднується з виконанням Україною визначених реформ та заходів Плану України [5; 6]. Подібний підхід демонструє, що міжнародне фінансування має не лише ресурсну, а й стимулюючу функцію, оскільки його отримання пов'язується з удосконаленням державного управління, державних фінансів та інших сфер.

До зовнішнього блоку також належать програми міжнародних фінансових організацій, зокрема фінансова підтримка Міжнародного валютного фонду, а також кредитні механізми Європейського Союзу. Важливим є не стільки існування кожного окремого інструменту, скільки їх узгодження із бюджетним процесом України та єдиними пріоритетами відновлення [7; 8].

Окремим напрямом зовнішнього фінансового блоку має стати використання доходів від заморожених активів держави-агресора. Такий механізм має потенціал поєднати фінансове забезпечення відновлення з принципом відповідальності держави-агресора. Його подальший розвиток потребує узгодженого міжнародно-правового та внутрішнього фінансово-правового регулювання, яке забезпечуватиме законність і цільове використання відповідних ресурсів.

Третій блок - інвестиційний. Саме він має забезпечити поступовий перехід від моделі, орієнтованої переважно на державне та донорське фінансування, до моделі, у якій відновлення стає основою для економічного зростання та залучення приватного капіталу.

Обмеженість бюджетних ресурсів об'єктивно зумовлює необхідність активнішого використання державно-приватного партнерства, кредитування бізнесу, гарантійних механізмів та страхування воєнних ризиків. Правове регулювання таких інструментів має зменшувати ризики приватного інвестора та водночас забезпечувати захист публічних інтересів. У 2026 році Група Світового банку посилила фінансові та гарантійні механізми, спрямовані на мобілізацію державних і приватних інвестицій у відновлення України [10; 12].

Отже, завдання держави полягає не лише у безпосередньому фінансуванні відновлення, а й у створенні фінансово-правового середовища, здатного перетворити публічні кошти та міжнародні гарантії на інструмент залучення значно більшого обсягу приватного капіталу.

Четвертий блок - контрольний та цифровий. Збільшення обсягів фінансування автоматично підвищує вимоги до прозорості та підзвітності. Тому фінансово-правова модель відновлення повинна передбачати контроль за формуванням і використанням коштів, аудит міжнародної допомоги, прозорість публічних закупівель, запобігання корупційним ризикам та відповідальність за порушення бюджетного законодавства [2; 4].

Важливим доповненням є цифровізація управління публічними фінансами. Електронні системи планування, закупівель, моніторингу та звітності можуть забезпечити оперативне відстеження руху коштів і підвищити рівень громадського контролю. Водночас цифрові механізми повинні супроводжуватися гарантіями інформаційної безпеки, захисту фінансових даних та безперервності функціонування відповідних систем в умовах воєнного стану [4; 11].

Таким чином, фінансово-правове забезпечення відновлення України доцільно розглядати як цілісну систему взаємопов’язаних механізмів мобілізації, розподілу, використання та контролю фінансових ресурсів, що охоплює внутрішній фінансовий, зовнішній фінансовий, інвестиційний та контрольно-цифровий блоки. Внутрішні бюджетні й податкові ресурси мають формувати основу фінансової стійкості держави, міжнародне фінансування — компенсувати недостатність внутрішніх ресурсів і підтримувати реалізацію пріоритетів відновлення, а механізми залучення приватного капіталу — забезпечувати розширення інвестиційної бази відбудови. Контрольні та цифрові механізми, своєю чергою, мають забезпечувати прозорість, підзвітність та ефективність використання залучених ресурсів.

Запропонований підхід передбачає перехід від фрагментарного застосування окремих фінансових інструментів до їх системного узгодження в межах єдиної фінансово-правової моделі відновлення України. Ефективність такої моделі визначатиметься не лише обсягом залучених ресурсів, а й узгодженістю джерел та механізмів фінансування, єдністю пріоритетів їх використання, належним фінансовим контролем і здатністю держави забезпечити баланс між поточними потребами відновлення та довгостроковою фінансовою стійкістю. Саме такий підхід створює фінансово-правові передумови для переходу від відбудови окремих зруйнованих об’єктів до комплексного та сталого відновлення держави.

Список використаних джерел

1. Бюджетне право. Навчальний посібник. / кол. авт.: В.Я. Киян, Н.М. Обушенко, Л.В. Фокша, К.Е. Косяченко, Р.В. Карпенко. Дніпро : Дніпров. держ. унт внутр. справ. 2025. 331 с.
2. Бюджетний кодекс України : Закон України від 08.07.2010 № 2456-VI.
3. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР.

4. Про Державний бюджет України на 2026 рік : Закон України від 03.12.2025 № 4695-IX.
5. Про ратифікацію Рамкової угоди між Україною та Європейським Союзом щодо спеціальних механізмів реалізації фінансування Союзу для України згідно з інструментом Ukraine Facility : Закон України від 06.06.2024 № 3786-IX.
6. Міністерство фінансів України. Україна отримала €2,8 млрд у межах Ukraine Facility. Загальний обсяг фінансування за механізмом перевищив €29,5 млрд. 08.06.2026. URL: Міністерство фінансів України (дата звернення: 24.08.2026).
7. Міністерство фінансів України. Рада виконавчих директорів МВФ затвердила нову програму розширеного фінансування для України у розмірі $8,1 млрд. 26.02.2026. URL: Міністерство фінансів України (дата звернення: 24.08.2026).
8. Міністерство фінансів України. Парламент ратифікував Угоду про Ukraine Support Loan, відкривши можливість залучення до €90 млрд підтримки для України у 2026–2027 роках. 28.05.2026. URL: Міністерство фінансів України (дата звернення: 24.08.2026).
9. World Bank. Updated Ukraine Recovery and Reconstruction Needs Assessment Released. 23.02.2026. URL: World Bank: RDNA5 (дата звернення: 24.08.2026).
10. World Bank. New World Bank Group Support Will Help Mobilize Investment for Ukraine's Recovery. 29.06.2026. URL: World Bank: підтримка відновлення України (дата звернення: 24.08.2026).
11. World Bank. Ukraine Relief, Recovery, Reconstruction and Reform Trust Fund (URTF). 2026. URL: World Bank: URTF (дата звернення: 24.08.2026).
12. World Bank. Donor Financing Mechanisms for Supporting Ukraine. 2026. URL: World Bank: механізми донорського фінансування України (дата звернення: 24.08.2026).

ПОНЯТТЯ ЖИТЛОВОГО ПРАВА ЯК ГАЛУЗІ ПРАВА

Шиловська Ганна Іллівна
здобувач вищої освіти бакалаврського рівня
Дніпровський Державний Університет Внутрішніх Справ, України
Науковий керівник
Обушенко Наталія Миколаївна
д.ю.н., професор
Кафедра цивільно-правових дисциплін

Житлове право України в сучасних умовах доцільно розглядати як комплексну, соціально орієнтовану та динамічну галузь права, норми якої регулюють суспільні відносини, що виникають у процесі реалізації, забезпечення, здійснення, охорони та захисту права людини на житло, формування й використання житлового фонду, надання державної та муніципальної підтримки, управління житловою сферою, а також відновлення,

реновації та розвитку житла. Її правова природа визначається особливим поєднанням приватноправових і публічно-правових засад, що обумовлено одночасною необхідністю гарантувати автономію особи у здійсненні житлових прав та активну участь держави й територіальних громад у створенні умов для їх реалізації [2; 3].

Конституційною основою житлового права залишається стаття 47 Конституції України, яка не лише проголошує право кожного на житло, а й покладає на державу позитивний обов'язок створювати умови, за яких особа матиме можливість побудувати житло, придбати його у власність або користуватися ним на законних підставах. Конституційна модель також передбачає особливу підтримку громадян, які потребують соціального захисту, та встановлює фундаментальну гарантію недопустимості примусового позбавлення житла інакше як на підставі закону за рішенням суду [1].

Прийняття Закону України «Про основні засади житлової політики» № 4751-IX стало принципово важливим етапом модернізації житлового законодавства. Закон визначає правові, економічні, соціальні та організаційні засади житлової політики, спрямованої на реалізацію права особи на житло та забезпечення сталого й ефективного використання житлового фонду України. Він формує нову концептуальну модель житлової сфери, у центрі якої перебуває не адміністративний розподіл житла, а створення різноманітних юридичних, економічних і соціальних механізмів, здатних забезпечити особі реальну можливість задовольнити житлову потребу.

Саме нове законодавство дозволяє по-новому оцінити предмет житлового права. Сьогодні він охоплює не лише традиційні відносини щодо користування житлом, вселення, проживання чи виселення, а значно ширший комплекс правовідносин: щодо реалізації права на житло; формування, обліку та використання державного, приватного й житлового фонду територіальних громад; функціонування соціального і доступного житла; державної підтримки; орендних житлових відносин; цифрового інформаційного забезпечення; реновації та відновлення житлового фонду; компенсації за пошкоджене або знищене житло; стратегічного планування житлової політики; участі органів державної влади та органів місцевого самоврядування у житловій сфері. Закон прямо визначає суб'єктами житлових відносин фізичних і юридичних осіб, органи державної влади та органи місцевого самоврядування [2].

У цьому аспекті житлове право має яскраво виражену комплексну природу. Воно взаємодіє з конституційним, цивільним, адміністративним, земельним, фінансовим, соціальним, містобудівним та процесуальним правом. Наприклад, право власності на житло регулюється передусім цивільно-правовими нормами, однак порядок державної підтримки для набуття такого житла, функціонування соціального житлового фонду або повноваження органів місцевого самоврядування мають публічно-правовий характер. Саме поєднання різних методів і юридичних засобів є однією з визначальних рис сучасного житлового права [2; 3].

Метод житлового права відповідно також має комплексний характер. У ньому поєднуються диспозитивні засоби, що дозволяють особам самостійно

визначати модель задоволення житлової потреби через власність, оренду чи інші законні форми користування, та імперативні механізми, які встановлюють вимоги до споживчої якості житла, порядку надання державної підтримки, діяльності операторів соціального й доступного житла, ведення інформаційних систем, захисту вразливих категорій населення та інших сфер, де необхідне активне публічне регулювання [2].

Принципово важливим є й оновлення системи принципів житлового права. Закон № 4751-IX закріплює орієнтацію житлової політики на справедливість і рівний доступ до житла, непорушність права на житло і недоторканність житла, прозорість та участь громадськості, економічну ефективність, стратегічне планування та інші сучасні засади. Особливо важливим є принцип справедливості та рівного доступу, який передбачає запобігання дискримінації та забезпечення рівного ставлення до осіб у процесі реалізації права на житло.

Таким чином, житлове право дедалі виразніше набуває людиноцентричного характеру. Його центральним об’єктом регулятивного впливу має бути не житловий фонд як сукупність квадратних метрів, а людина та її законна потреба у безпечному, доступному, придатному для проживання житлі. Саме ця концептуальна переорієнтація є однією з найважливіших рис сучасного етапу розвитку житлового законодавства [3].

Показовим у цьому контексті є введення законодавцем категорії споживчої якості житла, яка охоплює комфортність, безпечність, гігієнічність, енергоефективність і доступність житла для постійного або тимчасового проживання. Це означає, що реалізація права на житло більше не повинна оцінюватися виключно за фактом надання будь-якого житлового приміщення. Правове значення дедалі більше має його якісна придатність для гідного життя людини.

Істотним напрямом трансформації житлового права є цифровізація житлової політики. Новий Закон передбачає Єдину інформаційно-аналітичну житлову систему, яка повинна забезпечувати збір, облік, захист, обробку та використання відомостей про житловий фонд України та осіб, які можуть скористатися державною підтримкою. Це свідчить про поступовий перехід від розрізнених паперових механізмів обліку до інтегрованої цифрової моделі управління житловими ресурсами.

У сучасних умовах особливого змісту житлове право набуває через необхідність подолання наслідків збройної агресії проти України. Руйнування житлового фонду, масове внутрішнє переміщення, необхідність забезпечення житлом ветеранів, військовослужбовців, осіб з інвалідністю, сімей загиблих, інших вразливих категорій населення об’єктивно розширюють соціальну функцію цієї галузі. Відновлення житла, компенсація за знищені об’єкти, створення тимчасового, соціального та доступного житлового фонду стають не периферійними питаннями, а ключовими напрямами державної політики. Закон № 4751-IX прямо відносить до пріоритетів житлової політики доступ до соціального й доступного житла, компенсацію за пошкоджене та знищене житло, формування й ефективне використання житлових фондів та запобігання бездомності [4].

Не менш важливим є посилення ролі органів місцевого самоврядування. Сучасне житлове право поступово переходить від надмірно централізованої моделі до системи, у якій територіальна громада стає одним із ключових суб'єктів реалізації житлової політики. Житловий фонд територіальної громади, місцеві програми, соціальне житло, інформаційний облік та локальні механізми підтримки формують простір муніципального житлового права.

У контексті європейської інтеграції України подальший розвиток житлового права має відбуватися з урахуванням міжнародних і європейських стандартів права на житло, недискримінації, соціального захисту, безбар'єрності, енергоефективності, захисту права власності та ефективного судового захисту. Це поступово змінюватиме і саму теоретичну характеристику галузі – від вузького регулювання житлового користування до повноцінної правової системи забезпечення житлової безпеки людини [5; 6].

Фундаментально важливо, що житлове право має розглядатися не як механічна сукупність норм різних галузей, а як внутрішньо взаємопов'язана система правових інститутів, об'єднаних спільною соціально-правовою метою – забезпеченням реалізації права людини на житло. Саме спільність предмета, принципів, функцій, суб'єктного складу та соціальної мети дозволяє говорити про формування цілісної сучасної галузевої конструкції житлового права України [5].

Стратегічним призначенням цієї галузі повинно бути забезпечення такого правового порядку, за якого право на житло перестає бути переважно декларативною конституційною гарантією і набуває реального змісту через доступні механізми власності, користування, оренди, соціального та доступного житла, державної підтримки, компенсації, захисту і відновлення [5].

Отже, житлове право України на сучасному етапі слід визначати як комплексну, соціально спрямовану та людиноцентричну галузь права, що регулює систему приватних і публічних відносин у сфері реалізації, забезпечення, охорони та захисту права людини на житло, формування, використання, управління, реновації та відновлення житлового фонду, а також діяльність держави і територіальних громад щодо створення умов для доступного, безпечного і гідного проживання особи.

Подальший розвиток житлового права має відбуватися на основі верховенства права, соціальної справедливості, рівного доступу до житла, недискримінації, безбар'єрності, прозорості, цифровізації, ефективності та пріоритету людської гідності. Саме така концепція здатна забезпечити перетворення житлового права на один із ключових правових інструментів післявоєнного відновлення України, соціальної стабільності, європейської інтеграції та формування сучасної державної житлової політики, у центрі якої перебуває людина, її безпека, гідність та реальна можливість мати належне житло.

Список використаних джерел

1. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. База даних «Законодавство України» / ВР України : веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр (дата звернення: 24.08.2026).

2. Цивільний кодекс України : Закон України від 16.01.2003 № 435-IV. База даних «Законодавство України» / ВР України : веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15 (дата звернення: 24.08.2026).
3. Bohdan Torokhtii, Larysa Nalyvaiko, Volodymyr Horbalinskyi, Nataliia Obushenko, Oleg Bolgar. Legal regulation of social security principles in the countries of the European Union and Ukraine. Vol. 5 No. 1 (2026): Nusantara: Journal of Law Studies. С. 229-251.
4. Про компенсацію за пошкодження та знищення окремих категорій об'єктів нерухомого майна внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених військовою агресією Російської Федерації проти України : Закон України від 23.02.2023 № 2923-IX. База даних «Законодавство України» / ВР України : веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2923-20 (дата звернення: 24.08.2026).
5. Конвенція про захист прав людини і основоположних свобод від 04.11.1950. База даних «Законодавство України» / ВР України : веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_004 (дата звернення: 24.08.2026).
6. Міжнародний пакт про економічні, соціальні і культурні права від 16.12.1966. База даних «Законодавство України» / ВР України : веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_042 (дата звернення: 24.08.2026).

УДК: 340.13

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.014

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СУДОВО-ЕКСПЕРТНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ: ПРАВОВІ ЗАСАДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ

Присяжнюк Андрій Геннадійович
аспірант
Кафедра приватного права
Київський національний економічний
університет імені Вадима Гетьмана, Україна
ORCID ID: 0009-0002-4825-5179

Судова експертиза є однією з ключових форм доказування в кримінальному, цивільному та адміністративному процесах. Спочатку експертиза переважно стосувалася лише медичного дослідження щодо зброї злочину; способу його скоєння чи характеристики потерпілого. Проте, поступово необхідність експертної діяльності стала очевидною і щодо документів, встановлення фактів підробки, аналізу злочинних дій тощо. Суддям та суб'єктам, які здійснюють розслідування, стала очевидною необхідність звертатися за допомогою до

фахівців, які мають актуальні знання, для встановлення обставин у справі. Стали вироблятися нові методи, засоби та методи дослідження.

Нині сфери застосування інновацій у судовій експертизі дуже широкі. Вони пронизують всю систему судової експертології загалом.

Безпосередній вплив на становлення та розвиток судово-експертної діяльності надає науковий та технічний прогрес. В історичній ретроспективі особливий вплив на розвиток судово-експертної діяльності зробила поява електронно-обчислювальної техніки. Сьогодні розроблені та успішно застосовуються на практиці методики експертних досліджень, засновані на використанні комп'ютерних програм. На сьогоднішній день інформаційні технології найбільш активно застосовуються при проведенні та забезпеченні судово-бухгалтерських та податкових експертиз. Більшою універсальністю відрізняються кібернетичні методи, які широко застосовуються під час проведення багатьох видів судових експертиз.

Застосування сучасних інформаційних технологій дозволяє більш оперативно та швидко проводити судові експертизи, оскільки зменшує час на обробку та систематизацію інформації, що підлягає вивченню [8, с.298].

Сучасна судово-експертна діяльність в Україні розвивається під впливом процесів цифровізації.

До основних інноваційних технологій у судово-експертній діяльності, які застосовуються в сучасній Україні, слід віднести, насамперед, штучний інтелект (AI) та Big Data. Дані технології спрямовані на автоматизацію аналізу великих масивів інформації з метою пошуку збігів у базах осіб, відбитків та ДНК, розпізнавання обличь, аналізу голосу. Такі технології допомагають виявляти підробки цифрових документів, прогнозувати поведінку та створювати модель події. Особливість даних технологій пошлягає в тому, що їх використання регламентується методичними стандартами та вимагає обов'язкової перевірки результатів традиційними методами.

По-друге, це 3D-сканування та моделювання: За допомогою лазерних сканерів (LiDAR) можливо створювати точні тривимірні копії місць подій, слідів ДТП чи балістичних об'єктів, що дозволяє проводити віртуальні слідчі експерименти навіть через сплин часу. Дані технологій відрізняються високою точністю, швидкістю фіксування та оброблення інформації, універсальністю, портативністю, багатофункціональністю та простотою.

По-третє, до основних інноваційних технологій у судово-експертній діяльності, які застосовуються в сучасній Україні, слід віднести також новітню ДНК-типологію (включає використання експрес-тестів ДНК з метою отримання генетичного профілю особи безпосередньо на місці події або у мобільній лабораторії за лічені години), сучасні прилади спектроскопії та хроматографії (є високоточним лабораторним обладнанням, яке використовується з метою неруйнівного дослідження хімічного складу речовин і матеріалів), цифрову форензику (її використання дозволяє відновлювати видалені дані зі смартфонів, інформаційних баз даних тощо). Також серед основних інноваційних технологій у судово-експертній діяльності, які застосовуються в сучасній Україні слід

назвати БПЛА (дрони). Їх використовують для дистанційних досліджень важкодоступних або небезпечних зон, дозволяють фіксувати масштабні руйнування та проводити картографування місцевості [5, с.132].

Інноваційні технології у судовій експертизі прискорюють та покращують пошук доказів. Впровадження інноваційних технологій дозволяє підвищити точність досліджень, скоротити терміни проведення експертиз та мінімізувати людський фактор – знизити кількість помилок.

Застосування інноваційних технологій у судово-експертній діяльності в Україні чітко регламентується національним законодавством. Зокрема, окремі норми закріплено у Кримінальному процесуальному кодексі України [1], Цивільному процесуальному кодексі України [2], інших процесуальних кодексах, а також спеціальному нормативно-правовому акті - Законі України «Про судову експертизу» [3]. Даним Законом, зокрема, передбачено, що інноваційна технологія, яка застосвується в судово-експертній діяльності, повинна відповідати принципам законності, належності та допустимості доказів, має пройти кодифікацію (шляхом внесення даної інноваційної технології до Реєстру методик проведення судових експертиз), а також мати сертифікат відповідності.

Серед перспективних напрямів розвитку інноваційних технологій у судово-експертній діяльності в Україні можливо назвати, по-перше, автоматизацію інформативних масивів. Даний напрям передбачає створення єдиних цифрових баз даних (балістичних, дактилоскопічних, генетичних), в яких пошук збігів має відбуватися автоматично.

Другий перспективний напрям передбачає поширення застосування віртуальної реальності (VR) у судовому процесі. Метою даних інновацій є проведення віртуальних слідчих експериментів та відтворення ДТП чи кримінальних правопорушень безпгосередньо у судовому засіданні. В такий спосіб подія що розглядається, отримує наочний характер.

Нарешті, третім перспективним напрямом, на нашудумку, є впровадження технології блокчейн з метою захисту зібраних цифрових доказів від модифікації чи видалення [6, с.312].

Не викликає сумнівів необхідність і висока значущість сучасних технологій як у повсякденному житті, так і в юридичній науці. Проте, не можна виключати й негативні чинники, які виникають при застосуванні сучасних технологій у судово-експертної діяльності.

По-перше, збір та аналіз великих обсягів даних із застосуванням сучасних технологій може бути складним через фрагментарність та розкиданість інформації в різних джерелах, що може ускладнювати процес проведення експертизи.

Також слід зазначити, що сучасне обладнання та програмне забезпечення можуть зазнавати збоїв, бути застарілими або несумісними з іншими системами, що може ускладнювати виконання завдань експертизи.

Особлива проблема полягає у нестачі кваліфікованих фахівців. Сучасні технології потребують певних навичок та знань, тому важливою умовою, що сприяє впровадженню інноваційних технологій при провадженні судової експертизи, є компетенція експерта у сфері інновацій.

Крім того, високі витрати: деякі сучасні технології можуть бути дорогими, що може створювати фінансові проблеми для організацій, які займаються судово-експертною діяльністю [7, с.94].

Інформаційні технології продовжують активно розвиватися і вдосконалюватися. Невпинний і безперервний прогрес також породжує певні складнощі для судово-експертної діяльності. Експерти повинні постійно проходити підвищення кваліфікації, оскільки застосування застарілої технології може спотворити результат судової. експертного висновку [4, с.605].

Активний розвиток інноваційних технологій у судово-експертній діяльності в Україні, з одного боку, відкриває нові можливості, але водночас створює серйозні виклики для національної правової системи.

Насамперед, це пов’язано з потребою в постійному оновлені законодавчої бази з причини відставання правових норм від появи нових видів кримінальних правопорушень, зокрема у сфері кіберзлочинності.

Недостовірність або підробка даних: при використанні сучасних технологій існує ризик підробки або маніпулювання даними, що може вплинути на результати експертизи. Оскільки конфіденційні дані все частіше піддаються спробі розкрадання, важливо убезпечити їх за допомогою законодавства.

Ще одна проблема стосується питання юридичної допустимості AI-висновків, що викликано складністю пояснення суду алгоритму, за яким штучний інтелект дійшов певного висновку.

У межах правового поля існує також проблема професійної етики, пов’язана з особистою відповідальністю експерта за висновки, сформовані з участю автоматизованих систем. Наприклад, застосування деяких сучасних технологій, таких як використання біометрії, може викликати питання про правоохоронні та цивільні права, конфіденційність та етичні норми.

Таким чином, поступовий розвиток науки і техніки сприяв розвитку судово-експертної діяльності та позитивно вплинув на вироблення та використання нових криміналістичних засобів та методів у встановленні обставин у справі. Нові інформаційні технологійї, автоматизація та комп'ютеризація міцно увійшли до судово-експертної діяльності, що сприяє розвитку нових та вдосконаленню існуючих експертних напрямів.

Сьогодні проведення судово-експертних досліджень базується на застосуванні експертами спеціальних знань, які формуються, доповнюються, трансформуються з урахуванням технічного, інформаційного та технологічного розвитку відповідного напряму експертної діяльності.

Разом з тим, їх подальший розвиток та включення до практики судово-експертної діяльності потребує удосконалення на організаційному, технічному та правовому рівнях.

Список використаних джерел

1. Кримінальний процесуальний кодекс України від 13.04.2012 р № 4651-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4651-17
2. Цивільний процесуальний кодекс України від 18.03.2004 р. № 1618-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1618-15

3. Закон України «Про судову експертизу» від 25.02.1994 р. № 4038-XII . URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12
4. Батіг А., Грицишин П., Джус О. Професія судового експерта: сучасні виклики в умовах домінування штучного інтелекту. Криміналістика і судова експертиза. 2025. № 70. С. 599–608.
5. Подус О. Сучасні методи та технології в судово-експертній діяльності: інтеграція інновацій. Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої пам'яті видатного вченого, доктора юридичних наук, професора Владислава Федоренка («Федоренківські читання») (Харків, 15 жовтня 2025 року). Х., 2025.
6. Філіпенко, Н., Лукашевич, С., Іванович, А. Інноваційні підходи та інформаційні технології у судово-експертній діяльності. Судова експертиза. 2025. №1. С. 102–111.
7. Хамініч С. Мирошниченко В. Використання штучного інтелекту в судовій експертизі: можливості та виклики. Проблеми теорії та практики судової експертизи з питань інтелектуальної власності («Кранєвські читання») : матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 23 груд. 2024 р.). Київ : Видавництво Людмила, 2025. С. 92-95.
8. Чечіль Ю. Інтеграція цифрових технологій у судово-експертну діяльність. Аналітично-порівняльне правознавство. 2025. Вип. № 05, ч. 3. С. 296-303.

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ФІНАНСОВОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ: ФІНАНСОВО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ

Гаврилова Анна
здобувачка вищої освіти
Інститут післядипломної освіти та заочного навчання
Науковий керівник:
Фокша Лілія Володимирівна
кандидат юридичних наук, доцент
Кафедра цивільно-правових дисциплін
Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Україна

У сучасних умовах цифрова трансформація є одним із ключових напрямів модернізації фінансової системи України. Активне впровадження цифрових технологій змінює способи формування, розподілу та використання фінансових ресурсів, порядок надання фінансових послуг, здійснення податкового адміністрування, бюджетного контролю та взаємодії держави з учасниками фінансових правовідносин. Цифровізація фінансової системи охоплює банківську, платіжну, податкову, бюджетну, інвестиційну та контрольну сфери, що зумовлює необхідність комплексного фінансово-правового регулювання відповідних процесів. Науковці відзначають, що цифровізація фінансового права супроводжується появою нових категорій, зокрема цифрових фінансів,

цифрового бюджету, цифрових фінансових активів та операторів інформаційних систем, що поступово трансформує традиційні механізми правового регулювання фінансових відносин [1].

Особливого значення цифровізація набуває в умовах воєнного стану, коли безперервність функціонування фінансової системи є необхідною умовою забезпечення обороноздатності держави, соціальних виплат, бюджетного фінансування та економічної діяльності. Цифрові технології дозволяють забезпечувати дистанційну взаємодію держави, бізнесу та громадян, автоматизувати фінансові операції, прискорювати обмін інформацією та підвищувати прозорість використання публічних коштів. Водночас цифрова трансформація фінансової сфери потребує належного правового забезпечення кібербезпеки, захисту персональних і фінансових даних, безперервності функціонування інформаційних систем та відповідальності за порушення встановлених правил [2; 3].

Важливим етапом інституційного забезпечення цифровізації стало затвердження у 2025 році продовження реалізації Стратегії цифрового розвитку системи управління державними фінансами до 2030 року. Її положення спрямовані на підвищення ефективності, прозорості та інтегрованості системи управління державними фінансами, оптимізацію обміну даними між державними фінансовими установами, зменшення операційних витрат та використання цифрових рішень для аналітики й прогнозування бюджетних процесів [4]. У 2026 році Кабінет Міністрів України схвалив Стратегію реформування системи управління державними фінансами на 2026–2030 роки, яка визначає цифровізовану, прозору та інституційно спроможну систему управління державними фінансами одним із стратегічних орієнтирів державної політики [5].

Одним із основних напрямів цифровізації є цифрова трансформація бюджетного процесу. Використання інформаційних систем у сфері планування, виконання та моніторингу бюджету створює передумови для оперативного обміну фінансовими даними, автоматизації окремих процедур та підвищення обґрунтованості бюджетних рішень. Цифровізація бюджетного управління також сприяє підвищенню прозорості публічних фінансів, оскільки забезпечує можливість накопичення, обробки та оприлюднення значних масивів бюджетної інформації. У цьому контексті цифрові технології повинні розглядатися не лише як технічний інструмент, а і як складова фінансово-правового механізму забезпечення принципів прозорості, ефективності, підзвітності та цільового використання бюджетних коштів [1; 4; 5].

Не менш важливим напрямом є цифровізація податкового адміністрування. Розвиток електронних сервісів Державної податкової служби дозволяє платникам податків здійснювати значну кількість юридично значущих дій дистанційно: подавати декларації та заяви, здійснювати листування з контролюючими органами, отримувати інформацію з реєстрів, перевіряти стан розрахунків з бюджетом та користуватися іншими електронними сервісами [8]. У 2025 році ДПС також розширила можливості електронного листування, що

дозволило платникам подавати документи та отримувати відповіді через цифрові канали без необхідності особистого відвідування податкового органу [8].

З фінансово-правової точки зору цифровізація податкового адміністрування сприяє стандартизації процедур та підвищенню оперативності взаємодії між платником і державою. Водночас розширення цифрових інструментів контролю створює необхідність чіткого нормативного визначення повноважень контролюючих органів, порядку обробки інформації, гарантій прав платників податків та юридичних наслідків електронної взаємодії. Особливо актуальним є розвиток електронного аудиту та автоматизованого аналізу податкових даних, оскільки використання цифрових технологій змінює не лише форму, а й зміст контрольних фінансово-правових відносин [2].

Окреме місце у цифровій трансформації фінансової системи займає платіжна інфраструктура. Правовою основою її функціонування є Закон України «Про платіжні послуги», який визначає види платіжних послуг, категорії їх надавачів, порядок здійснення платіжних операцій, функціонування платіжних систем та здійснення оверсайта платіжної інфраструктури [6]. Законодавче регулювання спрямоване на модернізацію платіжного ринку та його наближення до європейських стандартів, а також створює правові умови для розвитку інноваційних платіжних інструментів [2; 6].

Практичним проявом цифровізації платіжної системи є функціонування Системи електронних платежів Національного банку України. У 2025 році через СЕП було здійснено 595,1 млн платежів на загальну суму 273,6 трлн грн. З грудня 2025 року в системі функціонує трекінг-сервіс ТрекСЕП, який дозволяє фізичним та юридичним особам у режимі 24/7 відстежувати проходження платежу від моменту його ініціювання до зарахування коштів [7]. З 1 квітня 2026 року всі учасники СЕП мають забезпечувати клієнтам можливість користування відповідним сервісом [7].

Важливим напрямом цифрової трансформації є також розвиток миттєвих платежів та відкритого банкінгу. Нова версія СЕП із функціональністю миттєвих кредитових переказів почала функціонувати з грудня 2024 року, а з серпня 2025 року надавачі відповідних платіжних послуг зобов'язані забезпечувати можливість здійснення миттєвих кредитових переказів [7]. Такі зміни демонструють поступовий перехід фінансової системи України до моделі, в якій швидкість, дистанційність та технологічна інтегрованість фінансових операцій стають невід'ємними характеристиками фінансових правовідносин.

Важливою правовою передумовою цифровізації фінансових відносин є електронний документообіг та електронна ідентифікація. Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг» визначає правові засади використання електронних документів, тоді як законодавство про електронну ідентифікацію та електронні довірчі послуги формує правові механізми підтвердження особи та юридичної значущості електронних дій [10; 11]. Це має безпосереднє значення для податкової звітності, банківських операцій, бюджетних процедур, електронних договорів та інших фінансово-правових відносин.

Значний потенціал цифровізації проявляється у сфері публічних фінансів та державних закупівель. Електронна система закупівель забезпечує цифровізацію значної частини процедур закупівель, сприяє прозорості та створює можливості для автоматизованого моніторингу. У 2025 році в системі Prozorro було реалізовано низку технологічних удосконалень, зокрема функціонал для проведення та моніторингу закупівель за програмою Ukraine Facility, оновлення вебпорталу та розширення можливостей Prozorro Market [9].

Цифровізація створює нові можливості й для державного фінансового контролю. Автоматизований аналіз фінансових операцій, електронні реєстри, цифровий обмін даними та інтеграція інформаційних систем можуть підвищити оперативність виявлення порушень бюджетного та податкового законодавства. Водночас, як зазначається у науковій літературі, цифровізація фінансової системи потребує вдосконалення механізмів відповідальності, оскільки традиційні підходи до фінансово-правового контролю не завжди відповідають технологічним особливостям сучасних фінансових операцій [2; 3].

Водночас масштабна цифровізація фінансової системи супроводжується новими правовими ризиками. До них належать кіберзагрози, незаконне використання персональних і фінансових даних, несанкціонований доступ до інформаційних систем, технічні збої, залежність фінансової інфраструктури від цифрових технологій та ризик переривання її функціонування внаслідок кібератак. В умовах воєнного стану ці ризики набувають особливого значення, оскільки стабільність платіжної та бюджетної інфраструктури безпосередньо пов'язана з фінансовою безпекою держави. Національний банк у 2025 році актуалізував порядок здійснення оверсайта платіжної інфраструктури, зокрема з урахуванням необхідності забезпечення її надійного та безперервного функціонування в умовах воєнного стану [7].

Отже, фінансово-правове забезпечення цифровізації має передбачати не лише впровадження нових технологій, а й формування належних юридичних гарантій їх безпечного використання. До основних напрямів удосконалення законодавства доцільно віднести чітке визначення прав та обов'язків учасників цифрових фінансових відносин, посилення вимог до кібербезпеки фінансової інфраструктури, удосконалення правового регулювання електронного документообігу, захисту фінансової інформації, автоматизованого фінансового контролю та відповідальності за цифрові фінансові правопорушення [1; 2; 3]. Важливим також є забезпечення сумісності українських цифрових фінансових систем із європейськими стандартами у межах процесу інтеграції України до Європейського Союзу [1; 5].

Таким чином, цифровізація фінансової системи України має комплексний характер та охоплює бюджетну, податкову, банківську, платіжну, інвестиційну й контрольну сфери. Її результатом є поступовий перехід від традиційної моделі фінансового адміністрування до цифрової системи, заснованої на електронній взаємодії, автоматизованій обробці даних, дистанційному наданні фінансових послуг та цифровому контролі. Водночас ефективність цифрової трансформації залежить від належного фінансово-правового регулювання, яке повинно

забезпечувати баланс між технологічними інноваціями, фінансовою безпекою, захистом прав учасників фінансових відносин, прозорістю та відповідальністю.

Перспективним напрямом подальшого розвитку є формування єдиної інтегрованої цифрової екосистеми фінансового управління, у якій бюджетні, податкові, казначейські, банківські, платіжні та контрольні інформаційні системи взаємодіятимуть на основі єдиних правових і технологічних стандартів. Саме така модель відповідає визначеному Україною стратегічному курсу на формування прозорої, цифровізованої та інституційно спроможної системи управління державними фінансами. Її реалізація може сприяти підвищенню ефективності управління публічними ресурсами, зменшенню корупційних ризиків, посиленню фінансової дисципліни та зміцненню довіри громадян і міжнародних партнерів до фінансової системи України.

Список використаних джерел

1. Попов Д. І., Котуха О. С. Трансформація фінансового права України в умовах цифровізації: проблеми та перспективи правового регулювання. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Юридичні науки. 2024. № 16. DOI: https://doi.org/10.32782/2616-7611-2024-16-03 (дата звернення: 24.08.2026).
2. Дмитренко Е. С. Удосконалення механізму фінансової відповідальності у безпековому контексті та в умовах цифровізації фінансової системи України. Київський часопис права. 2024. № 1. С. 136–141. DOI: https://doi.org/10.32782/klj/2024.1.17 (дата звернення: 24.08.2026).
3. Штерма Т. В., Гончарук Я. М., Лещук В. М. Тенденції цифровізації фінансового сектору та виклики для правового регулювання. Економіка та суспільство. 2025. Вип. 71. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-109 (дата звернення: 24.08.2026).
4. Міністерство фінансів України. Мінфін: Уряд затвердив Стратегію цифрового розвитку системи управління державними фінансами до 2030 року. 13.05.2025. веб-сайт. URL: https://mof.gov.ua/ (дата звернення: 24.08.2026).
5. Міністерство фінансів України. Стратегія реформування системи управління державними фінансами на 2026–2030 роки. 2026. веб-сайт. URL: https://mof.gov.ua/ (дата звернення: 24.08.2026).
6. Про платіжні послуги : Закон України від 30.06.2021 № 1591-IX. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України : веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1591-20 (дата звернення: 24.08.2026).
7. Національний банк України. У 2025 році кількість платежів через СЕП зросла майже на чверть. 14.01.2026. веб-сайт. URL: https://bank.gov.ua/ (дата звернення: 24.08.2026).
8. Державна податкова служба України. Електронні сервіси. 2026. веб-сайт. URL: https://tax.gov.ua/ (дата звернення: 24.08.2026).
9. Міністерство економіки України. Матеріали щодо діяльності ДП «ПРОЗОРРО» та розвитку електронної системи закупівель у 2025 році. 2026. веб-сайт. URL: https://me.gov.ua/ (дата звернення: 24.08.2026).

10. Про електронні документи та електронний документообіг : Закон України від 22.05.2003 № 851-IV. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України : веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/851-15 (дата звернення: 24.08.2026).
11. Про електронну ідентифікацію та електронні довірчі послуги : Закон України від 05.10.2017 № 2155-VIII. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України : веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2155-19 (дата звернення: 24.08.2026).

ФІНАНСОВО-ПРАВОВІ МЕХАНІЗМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФІНАНСОВОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Бордиченко-Стеблюк Ірина Віталіївна
здобувач вищої освіти
Фокша Лілія Володимирівна
к.ю.н., доцент
Кафедра цивільно-правових дисциплін
Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Україна

Тривала збройна агресія проти України істотно змінила умови функціонування фінансової системи держави та зумовила необхідність адаптації фінансово-правового регулювання до викликів воєнного стану. За таких умов фінансова безпека залежить не лише від наявності достатнього обсягу фінансових ресурсів, а й від здатності держави забезпечувати їх своєчасну мобілізацію, раціональний розподіл, цільове та ефективне використання, а також належний фінансовий контроль. Саме тому особливої актуальності набуває визначення системи фінансово-правових механізмів, які одночасно забезпечують обороноздатність держави, виконання нею соціальних зобов'язань, макрофінансову стабільність і безперервне функціонування фінансової системи.

Метою дослідження є визначення основних фінансово-правових механізмів забезпечення фінансової безпеки України в умовах воєнного стану, встановлення особливостей їх функціонування та окреслення пріоритетних напрямів удосконалення відповідного правового регулювання.

Фінансову безпеку держави доцільно розглядати як такий стан її фінансової системи, за якого забезпечується спроможність держави формувати необхідні фінансові ресурси, своєчасно виконувати публічні зобов'язання, протидіяти внутрішнім і зовнішнім фінансовим загрозам та зберігати стійкість бюджетної, податкової, боргової, банківської і валютної систем. В умовах воєнного стану зміст фінансової безпеки розширюється, оскільки її забезпечення безпосередньо пов'язане зі здатністю держави фінансувати сектор безпеки і оборони без втрати

керованості державними фінансами та критичного погіршення макрофінансової стійкості [4].

Правову основу забезпечення фінансової безпеки становить комплекс норм Конституції України [1], Бюджетного кодексу України [2], Податкового кодексу України [5], законів України «Про національну безпеку України» [4], «Про Національний банк України» [6], «Про банки і банківську діяльність» [7], «Про основні засади здійснення державного фінансового контролю в Україні» [9], «Про запобігання та протидію легалізації (відмиванню) доходів, одержаних злочинним шляхом, фінансуванню тероризму та фінансуванню розповсюдження зброї масового знищення» [8], «Про санкції» [12] та інших нормативно-правових актів.

З урахуванням функціонального призначення правових засобів фінансово-правові механізми забезпечення фінансової безпеки в умовах воєнного стану доцільно систематизувати на бюджетні, податкові, боргові, грошово-кредитні та валютні, банківські, контрольно-моніторингові та санкційно-фінансові механізми. Така класифікація дає змогу розглядати їх не як ізольовані інструменти, а як взаємопов'язану систему мобілізації, розподілу, використання та захисту фінансових ресурсів держави.

Одним із ключових елементів цієї системи є бюджетно-правовий механізм. Відповідно до ст. 95 Конституції України бюджетна система ґрунтується на засадах справедливого і неупередженого розподілу суспільного багатства, а видатки держави, їх розмір і цільове спрямування визначаються законом про Державний бюджет України [1].

В умовах воєнного стану значення бюджетного механізму істотно зростає, оскільки саме через бюджет здійснюється концентрація і перерозподіл основної частини публічних фінансових ресурсів, необхідних для оборони, соціального захисту, підтримки критичної інфраструктури та функціонування державних інституцій [2]. Закон України «Про Державний бюджет України на 2026 рік» встановлює низку спеціальних правил, спрямованих на забезпечення більш оперативного управління бюджетними ресурсами. Зокрема, ст. 36 передбачає особливості застосування положень Бюджетного кодексу щодо бюджетних призначень головних розпорядників коштів сектору безпеки і оборони, а ст. 37 – спеціальний порядок розподілу окремих бюджетних призначень за рішеннями Кабінету Міністрів України [3].

Фінансування сектору безпеки і оборони має особливий правовий режим. Стаття 35 Закону України «Про національну безпеку України» передбачає його здійснення за рахунок коштів, визначених законом про Державний бюджет України на відповідний рік, а також інших не заборонених законодавством джерел. Закон встановлює, що обсяг відповідних видатків має становити не менше 5 % запланованого обсягу ВВП, з яких не менше 3 % спрямовується на фінансування сил оборони [4].

Разом із тим оперативність перерозподілу бюджетних коштів під час війни не повинна означати послаблення принципів законності, цільового використання та підзвітності. У цьому полягає одна з ключових фінансово-правових проблем воєнного періоду: держава повинна одночасно забезпечити гнучкість

бюджетного управління та зберегти достатній рівень фінансового контролю. Відповідно, ефективність бюджетного механізму фінансової безпеки визначається не лише обсягом мобілізованих ресурсів, а й спроможністю законодавства забезпечувати баланс між оперативністю бюджетних рішень та прозорістю використання публічних коштів.

Другим елементом є податково-правовий механізм. Податкова система виконує в умовах воєнного стану подвійну функцію. З одного боку, податкові надходження є основою формування внутрішніх доходів держави та фінансовою передумовою виконання її публічних функцій. З іншого — надмірне податкове навантаження здатне зменшувати ділову активність, скорочувати податкову базу та негативно впливати на економічну стійкість.

Особливого значення в цьому контексті набувають передбачені ст. 4 Податкового кодексу України принципи фіскальної достатності, соціальної справедливості, рівності платників та стабільності податкового законодавства [5]. Тому податково-правовий механізм фінансової безпеки в умовах воєнного стану має бути орієнтований не на максимізацію податкового навантаження, а на забезпечення балансу між фіскальними потребами держави та збереженням економічної активності й податкової бази [5]. Часті зміни правил оподаткування, хоча й можуть бути зумовлені об’єктивними воєнними потребами, повинні оцінюватися також із позиції правової визначеності та прогнозованості діяльності суб’єктів господарювання.

Особливе місце посідає грошово-кредитний та валютно-правовий механізм. Відповідно до ст. 6 Закону України «Про Національний банк України» основною функцією НБУ є забезпечення стабільності грошової одиниці України, а при її виконанні Національний банк має виходити, зокрема, з пріоритетності досягнення та підтримки цінової стабільності та сприяти фінансовій стабільності [6].

Закон надає НБУ значний комплекс повноважень у сфері банківського регулювання, функціонування платіжних систем, валютного регулювання та управління міжнародними резервами [6]. Крім того, ст. 7-1 Закону України «Про Національний банк України» дозволяє у разі виникнення загроз стабільності банківської та/або фінансової системи встановлювати тимчасові особливості регулювання й нагляду, застосовувати обмеження щодо діяльності банків і валютних операцій [6].

Отже, грошово-кредитний і валютно-правовий механізми у воєнний період виконують передусім стабілізаційну функцію, оскільки спрямовані на збереження керованості грошового та валютного ринків, платоспроможності банківської системи та безперервності розрахунків [6].

Із ним безпосередньо пов’язаний банківський механізм фінансової безпеки. Закон України «Про банки і банківську діяльність» передбачає державне регулювання банківської діяльності, яке включає встановлення вимог і обмежень, банківський нагляд, застосування заходів впливу та інші інструменти [7]. Під час війни банківська система повинна не лише зберігати фінансову стійкість, а й забезпечувати безперервність платежів, доступ до коштів, функціонування кредитного ринку та проведення операцій, необхідних для

фінансування держави й економіки [6; 7]. Таким чином, грошово-кредитний механізм орієнтований переважно на макрофінансову стабільність, тоді як банківський −на стійкість і безперервність функціонування банківської системи.

Самостійного значення набуває борговий механізм фінансової безпеки. Значний дефіцит державного бюджету в умовах війни обумовлює необхідність залучення внутрішніх і зовнішніх запозичень. Бюджетний кодекс України визначає правові засади здійснення державних запозичень, надання державних гарантій та управління державним боргом [2].

Водночас борговий механізм має подвійний вплив на фінансову безпеку. У короткостроковій перспективі запозичення дозволяють компенсувати недостатність поточних бюджетних ресурсів, забезпечувати оборонні й соціальні видатки та підтримувати безперервність виконання функцій держави [2; 3]. У довгостроковій перспективі накопичення значного державного боргу створює ризики збільшення витрат на його обслуговування та посилення залежності державних фінансів від зовнішнього фінансування. Відтак правове регулювання державного боргу в умовах воєнного стану має забезпечувати баланс між необхідністю оперативного залучення фінансових ресурсів і збереженням боргової стійкості держави [2].

Окрему групу становлять контрольно-моніторингові механізми. Одним із них є фінансовий моніторинг. Закон України «Про запобігання та протидію легалізації (відмиванню) доходів, одержаних злочинним шляхом, фінансуванню тероризму та фінансуванню розповсюдження зброї масового знищення» визначає систему фінансового моніторингу та його суб'єктів [8]. В умовах збройної агресії його значення виходить за межі традиційної протидії відмиванню доходів, оскільки охоплює виявлення та припинення фінансових потоків, пов'язаних із фінансуванням тероризму, обходом санкцій та іншими операціями, які можуть створювати загрози національній безпеці.

Таким чином, фінансовий моніторинг виконує не лише правоохоронну, але й превентивну фінансово-безпекову функцію, перешкоджаючи використанню легальної фінансової системи для фінансування діяльності, що становить загрозу державі.

Не менш важливим є державний фінансовий контроль. Відповідно до Закону України «Про основні засади здійснення державного фінансового контролю в Україні» його завдання охоплюють контроль за використанням і збереженням державних фінансових ресурсів, правильністю визначення потреби в бюджетних коштах, взяттям бюджетних зобов'язань, використанням коштів і майна, веденням бухгалтерського обліку та достовірністю фінансової звітності [9].

Особливе місце в системі зовнішнього контролю займає Рахункова палата, яка від імені Верховної Ради України здійснює контроль за надходженням коштів до Державного бюджету України та їх використанням.

Контрольна складова фінансової безпеки проявляється також у сфері публічних закупівель, оскільки воєнний стан потребує поєднання швидкості задоволення публічних потреб із недопущенням неефективного використання бюджетних коштів. У період воєнного стану застосовуються спеціальні правила

здійснення закупівель, установлені Кабінетом Міністрів України, зокрема постановою № 1178 від 12 жовтня 2022 р. [11].

При цьому особливо актуальним є забезпечення такого правового режиму закупівель, який дозволяє оперативно задовольняти потреби держави, але водночас забезпечує простежуваність використання бюджетних коштів, належне обґрунтування закупівель і можливість ефективного подальшого контролю.

Окремим елементом фінансової безпеки в умовах збройної агресії є санкційно-фінансовий механізм. Закон України «Про санкції» передбачає застосування спеціальних економічних та інших обмежувальних заходів, серед яких блокування активів, а також можливість стягнення активів у дохід держави у встановлених законом випадках [12].

Особливе значення має ст. 5-1 Закону України «Про санкції», яка визначає умови та порядок застосування санкції у вигляді стягнення активів фізичних або юридичних осіб у дохід держави щодо осіб, які створили суттєву загрозу національній безпеці, суверенітету чи територіальній цілісності України або істотно сприяли відповідним діям [12].

У 2026 році правове регулювання використання таких активів було додатково конкретизовано. Постановою Кабінету Міністрів України від 21 січня 2026 р. № 75 визначено порядок реалізації активів, щодо яких ухвалено судове рішення про застосування відповідної санкції. Кошти, отримані від їх реалізації у передбаченому порядку, спрямовуються відповідно до встановленого державою механізму [13].

Це дозволяє розглядати санкційний механізм не лише як спосіб обмеження економічних можливостей осіб, пов’язаних із державою-агресором, але й як особливий фінансово-правовий інструмент мобілізації ресурсів у дохід держави. Водночас необхідно чітко розмежовувати блоковані, арештовані та стягнуті в дохід держави активи, оскільки вони мають різний правовий статус і передбачають різні правові процедури їх подальшого використання.

Проведений аналіз свідчить, що фінансово-правові механізми забезпечення фінансової безпеки України в умовах воєнного стану утворюють взаємопов’язану систему. Її мобілізаційна складова представлена податковими, бюджетними та борговими інструментами; стабілізаційна – грошово-кредитними, валютними й банківськими засобами; контрольно-захисна – державним фінансовим контролем, фінансовим моніторингом та контролем у сфері закупівель; санкційно-компенсаційна – правовими механізмами блокування та стягнення активів.

Основною особливістю функціонування зазначених механізмів під час воєнного стану є необхідність одночасного вирішення двох взаємопов’язаних завдань: оперативної мобілізації та перерозподілу фінансових ресурсів для забезпечення обороноздатності держави та збереження довгострокової стійкості її фінансової системи. Саме суперечність між оперативністю фінансових рішень і необхідністю збереження бюджетної дисципліни, прозорості та контролю становить одну з центральних проблем сучасного фінансово-правового регулювання.

У зв’язку з цим подальше вдосконалення фінансово-правового механізму забезпечення фінансової безпеки України доцільно здійснювати за такими напрямами: підвищення передбачуваності бюджетного та податкового регулювання; поєднання оперативності перерозподілу бюджетних ресурсів із належним зовнішнім і внутрішнім фінансовим контролем; забезпечення боргової стійкості при залученні необхідного зовнішнього фінансування; удосконалення системи контролю за використанням коштів у сфері публічних закупівель; посилення протидії незаконним фінансовим потокам і обходу санкцій; подальше вдосконалення правових процедур управління і реалізації активів, стягнутих у дохід держави.

Отже, фінансова безпека України в умовах воєнного стану не може забезпечуватися одним фінансово-правовим інструментом. Її стійкість залежить від системної взаємодії бюджетних, податкових, боргових, грошово-кредитних, валютних, банківських, контрольних та санкційних механізмів, а визначальним принципом їх подальшого розвитку має стати баланс між оперативністю мобілізації фінансових ресурсів, стійкістю державних фінансів, законністю, прозорістю та ефективністю їх використання.

Список використаних джерел

1. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2 %D1%80# Text (дата звернення 31.08.2026).
2. Бюджетний кодекс України : Закон України від 08.07.2010 № 2456-VI URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-17#n1664 (дата звернення 31.08.2026).
3. Про Державний бюджет України на 2026 рік : Закон України від 03.12.2025 № 4695-IX URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4695-20#Text (дата звернення 31.08.2026).
4. Про національну безпеку України : Закон України від 21.06.2018 № 2469-VIII URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text (дата звернення 31.08.2026).
5. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010 № 2755-VI URL: https: //zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text (дата звернення 31.08.2026).
6. Про Національний банк України : Закон України від 20.05.1999 № 679-XIV URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/679-14#Text (дата звернення 31.08.2026).
7. Про банки і банківську діяльність : Закон України від 07.12.2000 № 2121-III URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2121-14#Text (дата звернення 31.08.2026).
8. Про запобігання та протидію легалізації (відмиванню) доходів, одержаних злочинним шляхом, фінансуванню тероризму та фінансуванню розповсюдження зброї масового знищення : Закон України від 06.12.2019 № 361-IX URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/361-20#Text (дата звернення: 31.08.2026).
9. Про основні засади здійснення державного фінансового контролю в Україні : Закон України від 26.01.1993 № 2939-XII URL https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2939-12#Text (дата звернення 31.08.2026).

10. Про Рахункову палату : Закон України від 02.07.2015 № 576-VIII URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/576-19#Text (дата звернення 31.08.2026).
11. Про затвердження особливостей здійснення публічних закупівель товарів, робіт і послуг для замовників, передбачених Законом України «Про публічні закупівлі», на період дії правового режиму воєнного стану в Україні та протягом 90 днів з дня його припинення або скасування : постанова Кабінету Міністрів України від 12.10.2022 № 1178 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1178-2022-%D0%BF#Text (дата звернення 31.08.2026).
12. Про санкції : Закон України від 14.08.2014 № 1644-VII URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1644-18#Text (датам звернення 31.08.2026).
13. Деякі питання реалізації активів, щодо яких ухвалено судове рішення про застосування санкції : постанова Кабінету Міністрів України від 21.01.2026 № 75 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/75-2026-%D0%BF#Text (дата звернення 31.08.2026).

ПРОВЕДЕННЯ РЕФЕРЕНДУМУ – ПОКАЗНИК НАЙВИЩОЇ ФОРМИ ДЕМОКРАТІЇ ТА ВЕРХОВЕНСТВА ПРАВА В СУСПІЛЬСТВІ

Остафій-Тижай Мар'яна Мирославівна
Ph.D., доктор філософії з економічних наук
Викладач Львівського фахового коледжу
індустрії моди КНУТД, Україна

Народом людей, волею народу і для народу.
Авраам Лінкольн

Питання, які носять загальнодержавний характер, але є досить дискусійними в суспільстві, необхідно вирішувати в юридичній площині.

Оскільки, відповідно до статті 5 Конституції України, носієм суверенітету і єдиним джерелом влади в Україні є народ, то ні держава, ні міжнародні організації не можуть маніпуляційними методами впливати на рішення цілого суспільства.

Демократія – це найвища форма розвитку людства, показник, який характеризує не просто народ, а державу як конституційну країну. Країну, яка має юридичні права на міжнародній арені представляти інтереси усіх громадян, захищати права та свободи кожного, вносити позитивні зміни в економічну світобудову.

Люди часто говорять про країну, що вона стає демократичною, як тільки починає проводити відносно вільні і відкриті вибори. Тому саме проведення референдуму є однією із демократичних форм вираження своїх думок народом з питань, що мають ключове значення для країни.

Відповідно до Закону України «Про всеукраїнський референдум», всеукраїнський референдум є формою безпосередньої демократії в Україні, способом здійснення влади безпосередньо Українським народом, що полягає у прийнятті (затвердженні) громадянами України рішень шляхом голосування у випадках і порядку, встановлених Конституцією України та законом «Про всеукраїнський референдум» [1].

Сам факт проведення референдуму як форми безпосередньої демократії задекларовано в статті 72 Конституції України.

Всеукраїнський референдум проголошується за народною ініціативою на вимогу не менш як трьох мільйонів громадян України, які мають право голосу, за умови, що підписи щодо призначення референдуму зібрано не менш як у двох третинах областей і не менш як по сто тисяч підписів у кожній області. Він призначається Верховною Радою України або Президентом України відповідно до їхніх повноважень, встановлених Конституцією України [2].

Також на законодавчому рівні шляхом проведення всеукраїнського референдуму визначено внесення змін до розділів I, III, XIII Конституції України. Законопроєкт подається до Верховної Ради України Президентом України або не менш як двома третинами від конституційного складу Верховної Ради України і, за умови його прийняття не менш як двома третинами від конституційного складу Верховної Ради України [2].

Історичний досвід проведення референдумів в Україні є доволі невеликим. Перший всеукраїнський референдум в Україні було проведено 1 грудня 1991 року, у якому взяли участь 90,3 % громадян, і на якому виборці підтвердили «Акт проголошення незалежності України». Це був ключовий референдум, від якого розпочався новий відлік становлення держави – України. Наступним за хронологією відбувся референдум 2000 року, що стосувався змін до Конституції України, але так і не був реалізований через невідповідність законодавства. Закон про всеукраїнський референдум було оновлено у 2021 році, що дозволяє проводити референдуми за народною ініціативою.

Практика частоти проведення референдумів у різних країнах доволі різна. Швейцарія стала прикладом вирішення загальнодержавних питань шляхом проведення референдумів, адже тут вперше було проведено референдум, і цю країну по праву вважають однією з найбільш прогресивних у їх проведенні [3]. Референдум на конституційному рівні закріплено в більшості країн світу. А саме, після Другої світової війни референдуми були задекларовані в конституціях таких країн, як: Японія, Італія, Франція, Німеччина, Данія.

Наприклад, у Польщі референдум проводили лише тричі, Україна, як бачимо, своїм правом скористалася двічі.

Згідно зі статистичними дослідженнями Лабораторії законодавчих ініціатив, з 1992 року у 25 європейських країнах було проведено понад 200 референдумів. Серед лідерів 6 країн, де проведено понад 11 референдумів: Італія, Нідерланди, Ірландія, Литва, Словаччина, Словенія. Зокрема, найвища кількість проведення в Італії (47 референдумів). Середня кількість референдумів (від 5 до 10) була проведена в Болгарії, Данії, Естонії , Франції, Угорщині, Ісландії, Латвії, Польщі,

Румунії. Найнижчу кількість референдумів (від 1 до 4) провели такі країни, як: Австрія, Хорватія, Чехія, Велика Британія, Фінляндія, Греція, Норвегія, Португалія, Іспанія та Швеція [4].

На референдуми найчастіше виносять питання конституційних змін, вступу до ЄС чи міжнародних угод. Також на них розглядають питання абортів та одностатевих шлюбів. Загалом питання на референдумах у Європі можна об'єднати в такі блоки: міжнародні договори, державна влада, соціальні питання, сімейні цінності, інфраструктурні питання, безпека, питання щодо виборів, питання громадянства, соціально-економічні питання, зміни до Конституції, правосуддя.

Відповідно до закону «Про всеукраїнський референдум», предметом всеукраїнського референдуму можуть бути такі питання [3]:

- затвердження закону про внесення змін до розділів I, III, XIII Конституції України;
- питання загальнодержавного значення;
- питання зміни території України;
- питання про втрату чинності законом України або окремими його положеннями.

На референдум не можна виносити питання бюджету й законів щодо податків, правосуддя, амністії, а також питання, що скасовують чи обмежують конституційні права і свободи людини і громадянина та гарантії їх реалізації, спрямовані на ліквідацію незалежності України, порушення державного суверенітету, територіальної цілісності України, створення загрози національній безпеці України, розпалювання міжетнічної, расової, релігійної ворожнечі.

Декларативні основи референдуму не вимагають особливих пояснень, вони закріплені конституційно. Швидше виникають запитання щодо практичної реалізації цього процесу, питань, які виникають на різних етапах його реалізації. Проблема полягає в «чистоті механізму реалізації» самого референдуму як факту, обходженні гострих політичних кутів та можливостях маніпуляцій, роз'ясненні важливості та сутності поставлених питань для добробуту держави та кожного громадянина.

Список використаних джерел

1. Про всеукраїнський референдум : Закон України від 26 січ. 2021 р. № 1135-IX : станом на 11 серп. 2024 р. / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1135-20#Text
2. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 р. № 254к/96-ВР // Верховна Рада України : офіційний вебпортал. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96%D0%B2%D1%80#Tex
3. Могилевець О. Ю. Референдум: швейцарський досвід та українські проблеми. Інтернаука. Серія: Юридичні науки. 2020. № 12(1). С. 115-119.
4. Лабораторія законодавчих ініціатив. URL: https://parlament.org.ua/analytics/analityka-dnya-pro-shho-pytayut-na-referendumah-yevropejcziv/

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.015

ІНТЕГРАЛЬНИЙ ІНДЕКС ПРОБЛЕМНОСТІ СТАНУ ПРАВОПОРЯДКУ У ВІЙСЬКОВИХ ФОРМУВАННЯХ: ПІДХІД ДО КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Гринчук Олександр
полковник, магістр військового управління, магістр права, начальник управління запобігання вчиненню, виявлення і припинення правопорушень – заступник начальника Головного управління Військової служби правопорядку Збройних Сил України
ORCID: 0009-0004-6576-1342
Захарчук Роман
магістр права, магістр психології, аспірант Київського університету права Національної академії наук України
ORCID: 0009-0003-1725-8032
Сивак Вячеслав
полковник, магістр військового управління, магістр права, начальник відділу запобігання і профілактики злочинів та правопорушень управління запобігання вчиненню, виявлення і припинення правопорушень Головного управління Військової служби правопорядку Збройних Сил України
ORCID: 0009-0006-5347-1174

Ключові слова: правопорядок, військова дисципліна, правопорушення, військові формування, кількісне оцінювання, інтегральний індекс, дисциплінарний ризик, боєздатність.

Забезпечення належного стану правопорядку у військових формуваннях є одним із чинників підтримання їх керованості, боєздатності та спроможності виконувати завдання за призначенням. Водночас абсолютна кількість зафіксованих випадків правопорушень не завжди забезпечує об'єктивну основу для порівняння військових частин і підрозділів. Однакова кількість зафіксованих випадків правопорушень у формуваннях із суттєво різною чисельністю особового складу характеризує різний фактичний рівень поширеності негативних явищ. Додатковою проблемою є неоднаковий вплив різних видів правопорушень на виконання завдань, безпеку особового складу, керованість та репутацію військового формування.

Актуальність розроблення кількісних методів оцінювання проблемності стану правопорядку у військових формуваннях зумовлена необхідністю отримання узагальненого, зіставного та придатного для управлінського аналізу показника, який відображав би не лише кількість окремих видів правопорушень, а їх сукупний вплив на функціонування військового формування.

Стан правопорядку є комплексною характеристикою, яка формується під впливом різних за характером, суспільною небезпечністю, наслідками та

поширеністю правопорушень. Використання лише абсолютної кількості зафіксованих випадків правопорушень не забезпечує належної зіставності між військовими формуваннями різної чисельності та не враховує неоднаковий вплив окремих видів правопорушень на боєздатність, керованість, безпеку особового складу, виконання завдань за призначенням і репутацію військового формування.

Для цілей цього дослідження під станом правопорядку у військовому формуванні пропонується розуміти інтегральну характеристику поширеності, структури та вагомості правопорушень серед особового складу за визначений період з урахуванням їх сукупного потенційного або фактичного впливу на виконання військовим формуванням завдань за призначенням.

У зв’язку з цим доцільним є формування інтегрального показника проблемності стану правопорядку, який поєднував би кількість зафіксованих випадків правопорушень, їх нормовану частоту відносно чисельності особового складу, диференційовану вагомість окремих видів правопорушень та умови функціонування і застосування військового формування.

Проблематика кількісного оцінювання злочинності, правопорядку, суспільної безпеки та результативності правоохоронної діяльності має тривалу історію наукового дослідження. У міжнародній кримінології та поліцейських науках простежується поступовий перехід від абсолютних статистичних показників до нормованих, зважених та інтегральних індикаторів, які дають змогу враховувати не лише кількість правопорушень, а й їх тяжкість, заподіяну шкоду та інші характеристики.

Традиційним інструментом кількісного аналізу є визначення рівня злочинності відносно чисельності населення, що забезпечує порівнянність територій і періодів, однак не усуває проблему статистичної рівнозначності різних за тяжкістю правопорушень. Одним із підходів до подолання цього обмеження став канадський Crime Severity Index, методологія якого передбачає зважування окремих видів кримінальних правопорушень відповідно до їх відносної тяжкості з подальшим агрегуванням та нормуванням отриманого показника відносно чисельності населення (Statistics Canada, 2025).

Подальший розвиток цієї методологічної логіки представлений концепцією Crime Harm Index. У Cambridge Crime Harm Index різні види злочинів оцінюються не як рівнозначні статистичні одиниці, а відповідно до заподіюваної ними шкоди, для кількісного вираження якої використовуються вагові значення, пов'язані з нормативною суворістю покарання (Sherman et al., 2016). Отже, у сучасних моделях кількісного оцінювання злочинності поряд із частотою подій дедалі більшого значення набуває їх диференційована вагомість.

Ризик-орієнтовану логіку розвиває концепція evidence-based policing, у межах якої управлінські рішення мають ґрунтуватися на систематичному зборі, порівнянні та перевірці емпіричних даних. Запропонований L. W. Sherman підхід «targeting – testing – tracking» передбачає, зокрема, визначення пріоритетності об'єктів поліцейської уваги з урахуванням рівня заподіяної або потенційної шкоди (Sherman, 2013). Водночас дослідження поліцейської діяльності

демонструють необхідність поєднання статистичних показників із ширшими характеристиками результативності, управління, суспільної довіри та легітимності правоохоронних органів (Bratton & Malinowski, 2008; Jackson et al., 2012).

Можливість кількісного представлення складних правових і соціальних явищ демонструє також Rule of Law Index, у якому різнорідні показники нормалізуються та агрегуються у багатокомпонентні фактори. Для цього дослідження методологічно значущим є фактор «Order and Security», пов'язаний з оцінюванням злочинності, політичного насильства та інших загроз суспільному порядку (World Justice Project, 2025). Таким чином, у міжнародній науці сформувалися три взаємопов'язані методологічні напрями: нормування кількості правопорушень відносно чисельності досліджуваної сукупності; диференційоване зважування правопорушень залежно від їх тяжкості або шкоди; агрегування різнорідних показників у комплексні індекси.

В українській кримінологічній науці кількісний аналіз злочинності традиційно охоплює її рівень, інтенсивність, динаміку та відповідні коефіцієнти, а якісний – структуру, характер, географію та інші характеристики. Застосування таких показників у сучасному кримінологічному аналізі простежується, зокрема, у працях Н. А. Ободова та О. Л. Беспаль, а також В. О. Хаврука (Ободов & Беспаль, 2023; Хаврук, 2019).

Окремий методологічно важливий напрям української кримінології становлять дослідження «ціни злочинності», в яких увага переноситься з простого підрахунку кримінальних правопорушень на оцінювання спричинених ними прямих і непрямих збитків та інших негативних наслідків (Медицький, 2019; Мельничук, 2013; Сметаніна, 2015). Такий підхід підтверджує необхідність диференційованого врахування різних правопорушень залежно від характеру та масштабів їх негативного впливу.

Паралельно в Україні розвивається напрям оцінювання ефективності правоохоронної діяльності. Досліджуються зарубіжні критерії результативності поліції, можливості їх застосування в Україні, а також поєднання статистичних показників із показниками суспільної довіри, відчуття захищеності та досягнення стратегічних цілей (Бугайчук et al., 2016; Сердюк, 2015). В умовах воєнного стану проблематика оцінювання ефективності поліцейських заходів отримала додатковий розвиток у контексті трансформації безпекового середовища (Звірянський & Зінченко, 2024).

Проведений аналіз засвідчує наявність сформованої наукової основи для нормування статистичних показників, диференційованого зважування правопорушень та побудови інтегральних індикаторів. Водночас у проаналізованих джерелах не виявлено усталеної моделі кількісного оцінювання проблемності стану правопорядку у військовому формуванні, яка одночасно поєднувала б кількість зафіксованих випадків різних видів правопорушень, їх диференційовану вагомість, чисельність особового складу та операційний контекст функціонування відповідної організаційної системи.

Зазначена науково-методологічна прогалина набуває особливого значення щодо військових формувань, оскільки однакові кількість і структура правопорушень можуть мати різні наслідки залежно від чисельності особового складу, характеру виконуваних завдань, інтенсивності бойового застосування та потенційного впливу правопорушень на боєздатність і керованість. У зв'язку з цим розроблення інтегрального індексу проблемності стану правопорядку у військових формуваннях пропонується розглядати як адаптацію та подальший розвиток сформованих у міжнародній і вітчизняній науці принципів нормованого, зваженого та ризик-орієнтованого оцінювання правопорушень до специфіки функціонування військової організації.

Метою дослідження є розроблення математичної моделі інтегрального кількісного оцінювання проблемності стану правопорядку у військових формуваннях, яка забезпечує узагальнення даних про сукупність правопорушень з урахуванням чисельності особового складу, диференційованої вагомості окремих видів правопорушень та операційного контексту функціонування військового формування.

Наукова новизна запропонованого підходу полягає в адаптації та поєднанні в межах єдиної ризик-орієнтованої моделі трьох взаємопов'язаних компонентів: нормування кількості зафіксованих випадків правопорушень відносно чисельності особового складу; диференційованого зважування різних видів правопорушень залежно від характеру та наслідків їх впливу на військове формування; урахування умов функціонування та застосування відповідного військового формування.

Особливістю запропонованої моделі є те, що вона спрямована на оцінювання не окремого виду правопорушення, а сукупного дисциплінарно-правового навантаження на військове формування та потенційного впливу стану правопорядку на його боєздатність, керованість, безпеку особового складу і виконання завдань за призначенням. Такий підхід створює можливість переходу від аналізу розрізнених статистичних показників до їх узагальнення в єдиний кількісний індекс.

Побудова інтегрального індексу ґрунтується на принципах нормованості, диференційованості, зіставності та контекстної чутливості. Принцип нормованості передбачає приведення кількості зафіксованих випадків правопорушень до чисельності особового складу; диференційованості – урахування неоднакової вагомості різних видів правопорушень; зіставності – застосування єдиних правил розрахунку для порівнюваних військових формувань і періодів; контекстної чутливості – урахування умов функціонування та застосування військового формування. Дотримання зазначених принципів визначає методологічні межі коректного застосування запропонованого показника.

Для цього пропонується використовувати інтегральний індекс проблемності стану правопорядку на 1000 військовослужбовців:

$$I_{\text{ПП1000}} = \frac{1000\,K_{\text{ум}}}{N_{\text{ос}}} \sum_{i=1}^{n} N_i\,W_i$$

де:

$I_{ПП1000}$ – інтегральний індекс проблемності стану правопорядку на 1000 військовослужбовців;

N_i – кількість зафіксованих випадків правопорушення і-го виду протягом визначеного періоду;

W_i – ваговий коефіцієнт правопорушення і-го виду;

$N_{ос}$ – середня фактична чисельність особового складу військового формування за відповідний період оцінювання;

n – кількість видів правопорушень, включених до оцінювання;

$K_{ум}$ – коефіцієнт умов функціонування та застосування військового формування.

Одиницею статистичного обліку N_i у запропонованій моделі є окремий зафіксований випадок правопорушення відповідного виду, а не кількість військовослужбовців, які його вчинили. Для забезпечення зіставності результатів правила обліку таких випадків мають бути однаковими для всіх порівнюваних військових формувань і періодів.

Ділення на середню фактичну чисельність особового складу забезпечує нормування показника за чисельністю військового формування, а множник 1000 переводить отримане значення у стандартизовану шкалу на 1000 військовослужбовців, що полегшує порівняння військових формувань різної чисельності. Порівняння значень індексу має здійснюватися за однакових періодів спостереження та єдиного підходу до визначення чисельності особового складу. Індекс має пряму шкалу проблемності: за інших зіставних умов збільшення значення $I_{ПП1000}$ відповідає зростанню сукупної дисциплінарно-правової проблемності військового формування, а його зменшення - її зниженню.

Важливим елементом адаптації моделі до специфіки військових формувань є зміст вагового коефіцієнта W_i. Його застосування ґрунтується на положенні, що різні види правопорушень не можуть розглядатися як рівнозначні одиниці статистичного обліку під час оцінювання їх сукупного впливу на військове формування. На відміну від підходів, у яких вагомість правопорушення визначається переважно через його правову тяжкість або нормативну суворість покарання, у запропонованій моделі W_i має враховувати також військово-функціональні наслідки відповідного виду правопорушення.

З методологічної точки зору ваговий коефіцієнт W_i доцільно формувати як багатокомпонентний показник, складові якого характеризують відносно самостійні напрями негативного впливу відповідного виду правопорушення. До таких складових пропонується віднести: правову тяжкість діяння L_i; вплив на боєздатність військового формування B_i; ризик для життя і здоров'я особового складу S_i; вплив на керованість та функціонування військового формування O_i; репутаційні наслідки R_i.

У загальному вигляді формування вагового коефіцієнта може бути представлене як:

$W_i = \alpha L_i + \beta B_i + \gamma S_i + \delta O_i + \varepsilon R_i$,

де L_i – правова тяжкість діяння; B_i – вплив на боєздатність військового формування; S_i – ризик для життя і здоров'я особового складу; O_i – вплив на керованість та функціонування військового формування; R_i – репутаційні наслідки; α, β, γ, δ, ε – коефіцієнти значущості відповідних складових, сума яких дорівнює одиниці. Для забезпечення математичної зіставності складових W_i їх оцінювання має здійснюватися за єдиною стандартизованою шкалою або шляхом попередньої нормалізації значень. Конкретний спосіб нормалізації та межі відповідної шкали мають бути визначені під час подальшої експертної й емпіричної верифікації моделі. До проведення такої верифікації наведена структура W_i має розглядатися як концептуальна модель вагового коефіцієнта, а не як завершена шкала кількісного оцінювання правопорушень. Під час подальшої верифікації моделі також має бути перевірено ступінь взаємозалежності складових Wi з метою мінімізації ризику подвійного врахування однакових або близьких за змістом наслідків правопорушення.

При цьому W_i характеризує властиву відповідному виду правопорушення відносну вагомість за стандартизованих умов оцінювання, тоді як $K_{ум}$ не змінює такої вагомості, а коригує сукупне значення індексу відповідно до конкретного операційного контексту функціонування та застосування військового формування.

Такий підхід дозволяє розмежувати правову тяжкість правопорушення та його функціональні наслідки для військового формування, уникнути їх ототожнення і створює передумови для подальшого емпіричного визначення вагових значень. Конкретні значення складових W_i та коефіцієнтів їх значущості потребують окремої експертної та емпіричної верифікації і на цьому етапі дослідження не встановлюються.

Окремим елементом моделі є $K_{ум}$ – коефіцієнт умов функціонування та застосування військового формування. Необхідність його введення пов'язана з тим, що однакова кількість правопорушень одного виду може мати різний операційний вплив залежно від завдань, які виконує військове формування. Зокрема, наслідки порушення військової дисципліни у військовому формуванні, що перебуває на відновленні, та у формуванні, яке безпосередньо виконує бойове завдання, перебуває на марші, здійснює оборонні або штурмові дії, можуть істотно відрізнятися.

Водночас коефіцієнт умов застосування не повинен розглядатися як характеристика «кращого» чи «гіршого» підрозділу. Його призначення полягає у математичному врахуванні операційного контексту, в якому наслідки порушення правопорядку можуть мати різну критичність для виконання завдання. Для забезпечення інтерпретованості моделі нейтральному (базовому) рівню операційного контексту доцільно поставити у відповідність $K_{ум} = 1$. Значення $K_{ум} > 1$ можуть характеризувати умови, за яких потенційна критичність наслідків правопорушень для виконання завдань зростає. Конкретні межі та

градації $К_{ум}$ мають визначатися за результатами подальшої експертної та емпіричної верифікації.

Практичне застосування запропонованого індексу потенційно дозволить здійснювати порівняння стану правопорядку у військових формуваннях різної чисельності; визначати військові формування, значення індексу яких може свідчити про підвищену дисциплінарно-правову проблемність та потребу в поглибленому аналізі дисциплінарно-правових ризиків; відстежувати динаміку показника за різні періоди; визначати структуру правопорушень, що найбільше впливає на загальний результат; формувати підстави для поглибленого аналізу причин та умов правопорушень; визначати пріоритетність профілактичних і управлінських заходів.

Достовірність отриманого значення індексу безпосередньо залежить від повноти та однорідності первинних даних, стабільності правил обліку правопорушень і коректності їх віднесення до відповідних класифікаційних категорій. При цьому інтегральний індекс не повинен використовуватися як самодостатня оцінка діяльності командира або військового формування. Кількісний показник виконує насамперед індикативну функцію: його істотне відхилення від базових або порівнюваних значень чи негативна динаміка мають бути підставою для переходу до поглибленого якісного аналізу причин, умов та обставин, що сформували відповідний результат.

Таким чином, пропонується така логіка використання моделі: первинні дані про правопорушення → визначення їх ваги → нормалізація на 1000 військовослужбовців → урахування умов застосування → визначення інтегрального індексу → порівняльний і динамічний аналіз → поглиблений аналіз причин, умов та обставин → формування пропозицій для прийняття управлінського рішення.

Запропонована модель потребує подальшої теоретичної, експертної та емпіричної верифікації. Першочерговими напрямами подальшого дослідження мають стати формування класифікатора правопорушень; операціоналізація складових вагового коефіцієнта; визначення та обґрунтування шкали W_i і коефіцієнтів значущості його складових; розроблення шкали $К_{ум}$; оцінювання узгодженості експертних оцінок; перевірка чутливості індексу до зміни окремих параметрів; апробація моделі на масивах фактичних даних; оцінювання її дискримінативної здатності та встановлення емпірично обґрунтованих порогових значень.

Отже, запропонований інтегральний індекс проблемності стану правопорядку створює методологічні передумови для переходу від переважно описового статистичного аналізу правопорушень до ризик-орієнтованого кількісного оцінювання проблемності стану правопорядку у військових формуваннях. Поєднання в одному показнику нормування кількості зафіксованих випадків правопорушень відносно чисельності особового складу, їх диференційованого зважування та врахування операційного контексту потенційно забезпечує зіставність результатів між військовими формуваннями різної чисельності та дає змогу оцінювати сукупне дисциплінарно-правове

навантаження на військове формування. Отримане значення доцільно використовувати не як самодостатню оцінку діяльності командира чи військового формування, а як індикатор дисциплінарно-правової проблемності та інформаційну основу для поглибленого аналізу дисциплінарно-правових ризиків, визначення пріоритетів профілактичної діяльності й прийняття обґрунтованих управлінських рішень. На цьому етапі запропонований індекс слід розглядати як концептуально-математичну модель індикативного оцінювання, практичне застосування якої потребує попереднього визначення шкал W_i і $K_{ум}$, перевірки узгодженості експертних оцінок та апробації на фактичних даних.

Список використаних джерел

1. Bratton, W. J., & Malinowski, S. W. (2008). Police performance management in practice: Taking COMPSTAT to the next level. Policing: A Journal of Policy and Practice, 2(3), 259–265. https://doi.org/10.1093/police/pan036
2. Бугайчук, К. Л., Святокум, І. О., & Чумак, В. В. (2016). Закордонний досвід оцінки ефективності поліцейської діяльності та перспективи його використання в Україні: Науково-методичні рекомендації. Харківський національний університет внутрішніх справ.
3. Звірянський, Г. В., & Зінченко, Д. А. (2024). Оцінка ефективності поліцейських заходів у контексті кримінально-правової політики під час воєнного стану. У Актуальні проблеми правоохоронної діяльності в умовах воєнного стану: Тези ІІ Всеукраїнської науково-практичної конференції (с. 281–284). Видавництво Національної академії Державної прикордонної служби України.
4. Jackson, J., Bradford, B., Stanko, B., & Hohl, K. (2012). Just authority? Trust in the police in England and Wales. Routledge.
5. Медицький, І. Б. (2019). Наслідки злочинності як складова предмету кримінології: Стан наукової розробки питання. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Юридичні науки, 21, 223–229.
6. Мельничук, Т. В. (2013). Ціна економічної злочинності: Проблемні аспекти визначення та застосування. Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Юриспруденція, 5, 191–195.
7. Ободов, Н. А., & Беспаль, О. Л. (2023). Стан злочинності в Україні у 2020–2022 роках (окремі кількісно-якісні показники). Київський часопис права, 4, 107–115. https://doi.org/10.32782/klj/2023.4.16
8. Сердюк, А. М. (2015). Щодо критеріїв ефективності діяльності поліції закордонних країн. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Юридичні науки, 3-2(2), 155–159.
9. Sherman, L. W. (2013). The rise of evidence-based policing: Targeting, testing, and tracking. Crime and Justice, 42(1), 377–451. https://doi.org/10.1086/670819
10. Sherman, L. W., Neyroud, P. W., & Neyroud, E. (2016). The Cambridge Crime Harm Index: Measuring total harm from crime based on sentencing guidelines. Policing: A Journal of Policy and Practice, 10(3), 171–183. https://doi.org/10.1093/police/paw003

11. Сметаніна, Н. В. (2015). «Ціна» злочинності в сучасній кримінології: Нові виклики для суспільства. Порівняльно-аналітичне право, 2, 208–210.
12. Statistics Canada. (2025). Understanding and using the police-reported Crime Severity Index. Government of Canada.
13. Хаврук, В. О. (2019). Кримінологічний аналіз кількісних і якісних показників організованої злочинності в Україні за 2017–2018 рр. Вісник НТУУ «КПІ». Політологія. Соціологія. Право, 3(43), 279–291. https://doi.org/10.20535/2308-5053.2019.3(43).199161
14. World Justice Project. (2025). WJP Rule of Law Index 2025: Methodology. World Justice Project.

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.016

СВОЄЧАСНІСТЬ ЗАЯВЛЕННЯ ЗАПЕРЕЧЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ КОМЕРЦІЙНОМУ АРБІТРАЖІ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ НА СТАДІЇ ВИЗНАННЯ І ВИКОНАННЯ РІШЕННЯ

Дем'янова Поліна Віталіївна
магістр міжнародного права
Київський національний університет
імені Тараса Шевченка, Україна

Механізм визнання та виконання арбітражних рішень побудований таким чином, що сторона, яка заперечує проти виконання рішення, може посилатися лише на обмежене коло підстав. Зокрема, стаття V(1)(d) Конвенції про визнання та виконання іноземних арбітражних рішень 1958 року допускає відмову, якщо склад арбітражного органу або арбітражна процедура не відповідали угоді сторін, а за відсутності такої угоди – праву держави місця арбітражу. Поряд із цим стаття V(1)(c) Конвенції допускає відмову, якщо рішення винесене щодо спору, не охопленого арбітражною угодою, або містить постанови з питань, що виходять за її межі [1]. Аналогічні положення закріплені і в національному законодавстві: у статті 36 Закону України «Про міжнародний комерційний арбітраж» та статті 478 Цивільного процесуального кодексу України [2; 3]. Водночас сама можливість послатися на процесуальне чи юрисдикційне порушення після завершення арбітражу не означає, що сторона може свідомо не реагувати на нього під час розгляду спору, а вперше заявити відповідне заперечення вже на стадії виконання рішення.

Саме для таких ситуацій стаття 4 Закону України «Про міжнародний комерційний арбітраж» передбачає відмову від права на заперечення. Якщо сторона знає, що диспозитивне положення Закону або вимога арбітражної угоди не були дотримані, але продовжує брати участь у провадженні без заперечень і

не заявляє їх без невиправданої затримки або у встановлений строк, вона вважається такою, що відмовилася від відповідного права [2]. Тому своєчасність заперечення має не суто формальне значення. Вона не дозволяє стороні займати позицію очікування: погоджуватися з перебігом арбітражу доти, доки результат залишається невідомим, а після несприятливого рішення посилатися на відоме їй раніше порушення як на підставу для блокування виконання.

Подібний підхід прямо закріплений і у статті V Європейської конвенції про зовнішньоторговельний арбітраж 1961 року щодо заперечень проти компетенції арбітражу. Заперечення, засноване на відсутності, недійсності арбітражної угоди або втраті нею чинності, має бути заявлене не пізніше подання відповідною стороною позову або заперечень по суті. Якщо ж сторона вважає, що арбітраж вийшов за межі своєї компетенції, вона повинна заявити про це одразу після виникнення відповідного питання під час арбітражного розгляду. Водночас пропуск цих строків не є безумовно невиправним: відвід, заявлений на пізнішій стадії арбітражного розгляду, може бути задоволений, якщо арбітраж визнає причину пропуску поважною, причому обґрунтування такої причини покладається на сторону, яка заперечує. Поза межами цього застереження заперечення, не заявлені у встановлені строки, не можуть бути перенесені на наступні стадії арбітражу або до державного суду при вирішенні питання про виконання рішення. Окремо зберігається можливість розгляду питань, вирішення яких відповідне право не залишає на розсуд сторін [4].

Показовою щодо застосування цього правила є справа № 824/45/23. На стадії надання дозволу на виконання рішення МКАС при ТПП України боржник поставив під сумнів компетенцію арбітражу щодо частини вирішених ним питань. Верховний Суд застосував статтю V Європейської конвенції у взаємозв’язку зі статтею 4 Закону України «Про міжнародний комерційний арбітраж» і встановив, що обставин, які перешкоджали б боржнику заявити відповідне заперечення під час арбітражного розгляду, не було. Суд прямо дійшов висновку, що за таких умов боржник втратив юридичне право посилатися на відсутність компетенції МКАС уже на стадії виконання рішення, а поважних причин пропуску строку для заявлення такого аргументу не довів [5].

Ще більш прямо питання своєчасності заперечень щодо процедури постало у справі № 824/60/24. Боржник оспорював, серед іншого, розгляд справи одноособовим арбітром. Водночас матеріали справи підтверджували, що ще 11 серпня 2023 року він отримав позовні матеріали, Регламент МКАС при ТПП України та рекомендаційний список арбітрів і був обізнаний із тим, що справа прийнята до розгляду. Попри це, боржник не заявив ані про відсутність компетенції МКАС, ані заперечень проти розгляду справи одноособовим арбітром. Верховний Суд звернувся до статті 4 Закону, статей 5, 33 і 44 Регламенту МКАС та статті V Європейської конвенції і констатував, що сторона, маючи можливість своєчасно заперечити, нею не скористалася та фактично відмовилася від права на таке заперечення [6]. У результаті Суд не встановив порушення правил формування складу арбітражу, на яке боржник намагався послатися після завершення провадження.

При цьому правило про втрату права на заперечення не слід розуміти як можливість «виправити мовчанням» будь-яке порушення арбітражної процедури. Стаття 4 Закону прямо обмежує його положеннями, від яких сторони можуть відступати, та вимогами, встановленими арбітражною угодою. Так само стаття V Європейської конвенції зберігає можливість подальшого розгляду питань, які відповідно до застосовного права не належать до вільного розсуду сторін. Тому для суду на стадії виконання важливим є не лише встановити, чи заявлялося заперечення раніше, а й з'ясувати характер порушення та те, чи могла сторона своїми процесуальними діями або бездіяльністю розпорядитися відповідним правом.

Отже, своєчасне заявлення заперечень є складовою процесуальної поведінки сторони, яка має значення не лише в межах самого арбітражу, а й на подальшій стадії судового контролю. Практика Верховного Суду не підтримує ситуацію, коли сторона, знаючи про обставину, яку вона вважає порушенням арбітражної угоди, процедури або меж компетенції арбітражу, не заявляє про неї у належний момент, але використовує той самий аргумент після ухвалення несприятливого рішення. Водночас наслідок у вигляді втрати права на заперечення не є абсолютним і залежить від того, чи належить відповідне питання до тих, якими сторони вправі розпоряджатися. Саме таке розмежування дозволяє поєднати процесуальну автономію сторін із принципом остаточності арбітражного рішення та не допустити використання процедури визнання і виконання як другого етапу арбітражного спору.

Список використаних джерел

1. Конвенція про визнання та виконання іноземних арбітражних рішень : міжнародний документ від 10.06.1958. United Nations Commission on International Trade Law. URL: https://uncitral.un.org/en/texts/arbitration/conventions/foreign_arbitral_awards (дата звернення: 04.09.2026).
2. Про міжнародний комерційний арбітраж : Закон України від 24.02.1994 № 4002-XII. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/4002-12 (дата звернення: 04.09.2026).
3. Цивільний процесуальний кодекс України : Кодекс України від 18.03.2004 № 1618-IV. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/1618-15 (дата звернення: 04.09.2026).
4. Європейська конвенція про зовнішньоторговельний арбітраж : міжнародний документ від 21.04.1961. New York Arbitration Convention. URL: https://www.newyorkconvention.org/media/uploads/pdf/1/0/104_othertreaties-1961-genevaconvention.pdf (дата звернення: 04.09.2026).
5. Постанова Верховного Суду від 17.08.2023 у справі № 824/45/23. Єдиний державний реєстр судових рішень. URL: https://reyestr.court.gov.ua/Review/113121944 (дата звернення: 04.09.2026).
6. Постанова Верховного Суду від 27.02.2025 у справі № 824/60/24. Єдиний державний реєстр судових рішень. URL: https://reyestr.court.gov.ua/Review/125540120 (дата звернення: 04.09.2026).

SECTION: MANAGEMENT AND PUBLIC ADMINISTRATION

ФОРМУВАННЯ ТАКТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ПРАЦІВНИКІВ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ У ПРОЦЕСІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

Безноско Данило Дмитрович
Здобувач вищої освіти
Горбаченко Юрій Миколайович
Кандидат історичних наук, доцент
Національний університет цивільного захисту України, Україна

Професійна діяльність працівників служби цивільного захисту в Україні зазнала докорінних змін через необхідність ліквідації масштабних руйнувань, техногенних аварій та пожеж, спричинених війною. Ефективність дій підрозділів ДСНС України у таких екстремальних умовах безпосередньо залежить від оперативності, гнучкості та точності в прийнятті управлінських рішень. Це зумовлює гостру потребу в науковому обґрунтуванні та вдосконаленні процесу формування тактичної компетентності працівників служби цивільного захисту на всіх етапах їхньої професійної підготовки та підвищення кваліфікації.

Тактична компетентність працівника служби цивільного захисту є ключовим складником його професійної готовності. Ми визначаємо її як динамічну інтегровану здатність фахівця оперативно аналізувати оперативну обстановку на місці надзвичайної ситуації, прогнозувати розвиток небезпечних факторів, оптимально розподіляти наявні сили й засоби та ефективно керувати підрозділами в умовах жорсткого дефіциту часу та високого психологічного напруження.

У структурі тактичної компетентності працівників служби цивільного захисту виокремлюємо такі компоненти:

- Когнітивно-прогностичний: системні знання з тактики ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру, розуміння специфіки сучасних засобів ураження, а також здатність передбачати як саме буде розвиватись надзвичайна ситуація;
- Операційно-діяльнісний: володіння чіткими алгоритмами управління силами та засобами при ліквідації надзвичайних ситуацій, навички координації дій із суміжними екстреними службами, вмінням оперативно вирішувати тактичні завдання при ліквідації надзвичайних ситуацій;
- Емоційно-вольовий: високий рівень стресостійкості, здатність придушувати панічні реакції, готовність до ухвалення рішень в умовах невизначеності та особиста відповідальність за життя особового складу і постраждалих в наслідок надзвичайної ситуації.

Процес формування зазначеної компетентності під час професійної підготовки вимагає реалізації комплексу умов:

1. Застосування методів контекстного навчання. Теоретичний матеріал має одразу інтегруватися у вирішення конкретних тактичних завдань (впровадження кейс-методу на основі реальних операцій до яких залучались працівники служби цивільного захисту).

2. Цифровізація та віртуалізація тренажу. Використання сучасних комп'ютерних симуляторів та VR-технологій для моделювання складних надзвичайних ситуацій, що дозволяє відпрацювати сотні тактичних сценаріїв без ризику для життя.

3. Інтенсивне полігонне навчання. Проведення комплексних тактико-спеціальних занять на спеціалізованих вогневих, димових та психологічних смугах перешкод з максимальним відтворенням стрес-факторів реального виклику.

На нашу думку, формування тактичної компетентності працівників служби цивільного захисту є безперервним процесом, який має гнучко реагувати на сучасні безпекові виклики. Поєднання реалістичного практичного тренажу, психологічного гартування та впровадження інтерактивних симуляційних технологій у навчальний процес дозволяє забезпечити високу готовність особового складу до виконання завдань за призначенням у будь-яких кризових ситуаціях.

Список використаних джерел

1. Кучеренко О. В. Професійна підготовка майбутніх фахівців ДСНС України: теорія і практика : монографія. Черкаси : ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2018. 320 с.;
2. Садковий В. П. Організаційно-педагогічні засади підготовки рятувальників до дій у надзвичайних ситуаціях. Вісник Національного університету оборони України. 2020. Вип. 4 (57). С. 112–118.;
3. Тактична підготовка працівників органів та підрозділів цивільного захисту : навч. посіб. / за заг. ред. А. М. Кудіна. Київ : Літера, 2021. 248 с.

SECTION: MARKETING AND ADVERTISING

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.017

АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ ОЦІНЮВАННЯ ПРОАКТИВНОГО МАРКЕТИНГУ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Лісний Микита Іванович
аспірант
Державний торговельно-економічний університет,
Київ, Україна

Вступ. В умовах цифрової трансформації конкурентна перевага IT-компаній дедалі більше визначається не швидкістю реакції на ринкові сигнали, а здатністю системно передбачати та формувати майбутній попит. Традиційні ключові показники ефективності (KPI), орієнтовані на ретроспективний контроль — ROI, Conversion Rate, CAC, — виявляються недостатніми для оцінювання проактивних маркетингових стратегій. Це зумовлює розрив у вимірюванні між короткостроковими тактичними метриками та стратегічним потенціалом підприємства [1, 2].

Обсяг глобальної цифрової економіки у 2016 р. досягав 11,5 трлн дол. США (15,5% ВВП), а за прогнозами Forrester, до 2028 р. він сягне 16,5 трлн дол. (17% глобального ВВП). Дослідження Deloitte засвідчує, що компанії з проактивною цифровою стратегією у 4,5 раза частіше демонструють стале зростання виручки [3]. Динаміка вітчизняного IT-сектору — зростання кількості компаній з 5 633 у 2014 р. до 7 977 у 2024 р. та забезпечення 7,35 млрд дол. валютних надходжень у 2022 р. попри падіння ВВП на 29,1% — підтверджує актуальність формування нової системи вимірювання ефективності проактивного маркетингу [4, 5].

Мета роботи Метою дослідження є обґрунтування концептуального підходу до девелопменту тривимірної методологічної рамки оцінювання ефективності проактивного маркетингу підприємств, яка поєднує випереджальні (leading) та запізнілі (lagging) індикатори за вимірами Market Foresight, Market Shaping і Business Resilience, а також верифікація її практичної релевантності на прикладі провідних технологічних компаній.

Матеріали та методи. На відміну від традиційного трактування ефективності маркетингу як функції контролю та оцінювання результатів, у дослідженні запропоновано концептуалізувати її через девелопмент системи забезпечення — цілеспрямований управлінський процес стратегічного формування, проєктування, удосконалення та еволюції сукупності інструментів, показників, аналітичних механізмів і цифрових рішень. Такий підхід ґрунтується на розумінні маркетингової системи як складної адаптивної системи (CAS), де

ефективність формується в процесі постійної коеволюції маркетингових інструментів, споживчої поведінки та цифрових платформ.

Методологічна конструкція дослідження базується на синтезі трьох теоретичних платформ: теорії динамічних здібностей (sensing–seizing–transforming), кібернетики другого порядку (вимірювання як акт конструювання реальності) та економіки складності (нелінійні ефекти малих змін у випереджальних індикаторах) [6, 7]. Цей синтез дозволяє перейти від редукціоністського, контроль-орієнтованого трактування ефективності до системного бачення її як результату цілеспрямованої еволюції маркетингової системи.

Результати та обговорення. Запропонована методологічна рамка декомпозує проактивну маркетингову діяльність на три стратегічні виміри: Market Foresight (ринкове передбачення), Market Shaping (формування ринку) та Business Resilience (стійкість бізнесу). Центральним методологічним принципом є часовий дуалізм індикаторів: для кожного виміру визначено пару взаємодоповнюючих показників — випереджальний (leading) та запізнілий (lagging):

– Market Foresight: SPCR (Sales Pipeline Coverage Ratio) — показник «запасу міцності» майбутніх продажів — та FARA (Forecast-to-Actual Revenue Alignment) — індикатор точності прогнозування;

– Market Shaping: NRPR (New Revenue Pipeline Ratio) — частка майбутнього доходу від нових продуктів/ринків — та CLV (Customer Lifetime Value) — інтегральна оцінка довгострокової цінності клієнта;

– Business Resilience: RDR (Revenue Diversification Ratio) — рівень диверсифікації доходів — та ROMI (Return on Marketing Investment) — фінансовий показник віддачі маркетингових інвестицій [8].

Для кожного індикатора систематизовано цільові діапазони та критичні порогові значення. Зокрема, SPCR < 3,0x сигналізує про критичний стан пайплайну; FARA < 0,85 вказує на хаос у плануванні; NRPR < 15% свідчить про стагнацію продуктового портфеля; RDR < 0,6 — про критичну залежність від 1–2 клієнтів.

Практична цінність рамки реалізується через інтерпретацію стійких конфігурацій (патернів) випереджальних і запізнілих індикаторів. Запропоновано чотири діагностичні стани системи: «Пастка інноватора» (високі SPCR/NRPR + низькі FARA/ROMI — проблема execution gap); «Інерційне зростання» (низькі SPCR/NRPR + високі CLV/ROMI — ризик стратегічного колапсу через 1–2 цикли); «Крихка ефективність» (високі FARA/ROMI + низький RDR — вразливість до зовнішніх шоків); «Збалансований девелопмент» (всі групи показників у цільових діапазонах). Структурна логіка матриці концептуально трансформує класичні інструменти портфельного аналізу (матриця BCG), замінюючи статичні ринкові показники осями часового дуалізму [9].

Верифікацію запропонованої рамки здійснено на основі ретроспективного аналізу діяльності провідних технологічних компаній за 2023–2025 рр. Кейс

HubSpot (Market Foresight): зростання показника Calculated Billings на 21% у постійній валюті у 2024 р. відповідає логіці SPCR як випереджального індикатора і передувало зростанню виручки до 2,63 млрд дол. США (+21% р./р.) та підвищенню net revenue retention до 104% у IV кварталі 2024 р. Це підтверджує здатність випереджальних індикаторів відображати майбутню фінансову результативність [10].

Кейс Ajax Systems (Market Shaping): інтенсифікація продуктових релізів з 29 у 2023 р. до 100 у 2025 р. як прояв зростання NRPR стала ключовим драйвером розширення продуктового портфеля до 280 позицій і виходу на нові географічні ринки [11].

Кейс SoftServe (Business Resilience): стійке зростання eNPS з 68 до 72 пунктів (перевищення галузевого бенчмарку 56 пунктів) як випереджального індикатора лояльності людського капіталу корелює з підвищенням Client Retention Rate з 89% до 95,8% — запізнілого індикатора операційної стійкості [12].

Висновки. У дослідженні обґрунтовано концепцію девелопменту системи забезпечення ефективності проактивного маркетингу як безперервного процесу стратегічного проєктування та еволюції — на відміну від ретроспективного KPI-контролінгу. Розроблена тривимірна методологічна рамка (Market Foresight–Market Shaping–Business Resilience) з системою дуальних індикаторів (SPCR–FARA, NRPR–CLV, RDR–ROMI) та матрицею діагностичних патернів забезпечує: вимірювання майбутнього потенціалу компанії, а не лише досягнутих результатів; зниження стратегічної невизначеності через підвищення точності прогнозування; ідентифікацію структурних дисбалансів між інноваційною активністю, операційною реалізацією та фінансовою результативністю. Емпірична апробація підтвердила наявність стійкого зв'язку між динамікою випереджальних індикаторів і подальшими фінансовими результатами IT-компаній.

Список використаних джерел

1. Boiko M., Lisnyi M. Proactive strategies for business resilience. Scientia fructuosa. 2025. Vol. 164(6). P. 64–82. https://doi.org/10.31617/1.2025(164)05
2. Parmenter D. Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs. 4th ed. New York : Wiley, 2020. 376 p.
3. Gurumurthy R., Schatsky D., Camhi J. Uncovering the connection between digital maturity and financial performance. Deloitte Insights, 2020. URL: https://www.deloitte.com/us/en/insights/topics/digital-transformation/digital-transformation-survey.html
4. Ain.ua. Як змінився ринок українського IT з 2014 до 2023. AIN. 2025. URL: https://special.ain.ua/10-years-of-it-in-ukraine/
5. State Statistics Service of Ukraine. Annual national accounts (2.02.01.01). 2025. URL: https://stat.gov.ua/en/datasets/annual-national-accounts
6. Teece D. J. Business models and dynamic capabilities. Long Range Planning. 2018. Vol. 51(1). P. 40–49.

7. Grumadaitė K., Jucevičius G. Strategic approaches to the development of complex organisational ecosystems: The case of Lithuanian clusters. Sustainability. 2022. Vol. 14(23). 15697. https://doi.org/10.3390/su142315697
8. Farris P. W., Bendle N. T., Pfeifer P. E., Reibstein D. J. Marketing Metrics: The Manager's Guide to Measuring Marketing Performance. 4th ed. London : Pearson Education, 2021. 432 p.
9. Rodenhausen D., Stringer J., Yu R., Goswami S. Six steps to more effective marketing measurement. Boston Consulting Group, 2025. URL: https://web-assets.bcg.com/e3/b7/aa59e7f14c09b64beb5f33f127c3/mastering-marketing-measurement-slideshow-june-2025-hybrid-03.pdf
10. HubSpot. HubSpot reports Q4 and full year 2024 results. HubSpot Inc., 2025. URL: https://ir.hubspot.com/node/14176/pdf
11. Ajax Systems. Annual Reports (2024, 2025). Ajax Systems Corporate. URL: https://ajax.systems/blog/category/news/
12. SoftServe. SoftServe issues sustainability report 2024 highlighting AI adoption, belonging, and education. 2025. URL: https://www.softserveinc.com/en-us/news/softserve-issues-sustainability-report-2024

МАРКЕТИНГОВА ЦІННІСТЬ ПРОЄКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ НА РИНКУ ОФІСНОЇ НЕРУХОМОСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ

Лівшиц Вадим Якович[1,2]
кандидат економічних наук, старший викладач
[1]Кафедра маркетингу ім. А. Ф. Павленка,
Київський національний економічний університет
імені Вадима Гетьмана, Україна
[2]Кафедра промислового маркетингу,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», Україна

Ринок корпоративної офісної нерухомості України в умовах повномасштабної війни характеризується одночасною дією декількох різноспрямованих факторів: скороченням та перерозподілом попиту, зростанням вакантності, пошкодженням частини об’єктів, зміною вимог міжнародних орендарів до безпеки, автономності та функціональності офісів. За таких умов рішення щодо оренди, релокації або оптимізації офісного простору дедалі рідше зводиться до вибору приміщення виключно за критеріями площі та орендної ставки. Для корпоративного клієнта важливою стає здатність об’єкта забезпечити безперервність роботи, відповідність внутрішнім стандартам компанії та можливість адаптації до змін чисельності й формату роботи

персоналу. За даними Property Times, загальна орендна активність в офісній нерухомості Києва у 2025 році досягла 165 000 кв. м [1].

З маркетингової точки зору зазначена трансформація змінює і сприйману цінність професійних послуг, пов'язаних з трансформацією офісного простору. Якщо в стабільному середовищі проєктний менеджмент часто сприймався замовником переважно як інструмент контролю термінів, бюджету та якості будівельно-монтажних робіт [3], то в умовах підвищеної невизначеності його цінність розширюється. Проєктний менеджер фактично інтегрує технічні, фінансові, організаційні та комунікаційні рішення, зменшуючи для корпоративного клієнта складність реалізації проєкту та ризик отримання результату, що не відповідає бізнес-потребам.

Попередній аналіз особливостей надання послуг проєктного менеджменту міжнародним корпоративним клієнтам показав, що попит на такі послуги формується під впливом не лише технічної складності проєкту, але й корпоративних вимог до прозорості, керованості та відповідальності учасників [2]. Зазначений підхід розглядаємо з позицій маркетингу професійних B2B-послуг: проєктний менеджмент розглядається як комплексна ціннісна пропозиція, яка має забезпечити клієнту не лише фізичний результат у вигляді готового офісу, але й передбачуваність процесу його створення та подальшої експлуатації в умовах відсутності електроенергії та/чи водопостачання.

Для міжнародних компаній, що працюють в Україні, особливого значення набуває відповідність майбутнього офісу корпоративним стандартам. До таких вимог належать фізична та пожежна безпека, автономність критичних інженерних систем, резервування електроживлення та каналів зв'язку, якість вентиляції й кондиціонування, доступність приміщень, цифрова інфраструктура, ергономіка та стандарти сталого розвитку. Частина цих параметрів безпосередньо впливає на рішення щодо вибору об'єкта, інша – визначає склад і бюджет подальшої адаптації приміщення.

Одночасно змінюється модель використання офісного простору. Гібридний формат роботи знижує потребу у фіксованому робочому місці для кожного співробітника, однак підвищує вимоги до переговорних кімнат, зон спільної роботи, трансформованих просторів та технологічного оснащення. Відповідно, оптимізація площі не повинна трактуватися лише як механічне скорочення квадратних метрів. Її маркетингова логіка полягає у створенні для клієнта більшої функціональної цінності на одиницю площі та одночасному контролі сукупної вартості користування офісом.

На основі узагальнення практики реалізації офісних проєктів можна виділити п'ять складових маркетингової цінності послуг проєктного менеджменту для корпоративного замовника: функціональну, економічну, ризик-орієнтовану, комунікаційну та реляційну. Функціональна цінність полягає у забезпеченні відповідності офісу технічному завданню та бізнес-процесам компанії. Економічна – у контролі CAPEX і OPEX, тендерних процедурах, перевірці обсягів та вартості робіт. Ризик-орієнтована цінність пов'язана з раннім виявленням технічних, строкових і постачальницьких ризиків.

Комунікаційна – із забезпеченням зрозумілої звітності та координації між замовником, бізнес-центром, проєктувальниками й підрядниками. Реляційна цінність (цінність довгострокових взаємовідносин із клієнтом) формується через довіру, накопичене знання корпоративних стандартів клієнта та здатність представляти його інтереси на локальному ринку.

Таблиця 1. Складові маркетингової цінності проєктного менеджменту для корпоративного клієнта

Складова цінності	Зміст для клієнта	Практичний результат
Функціональна	Відповідність офісу технічному завданню та корпоративним стандартам	Придатність простору до фактичної моделі роботи
Економічна	Контроль бюджету, тендерів, CAPEX/OPEX	Зменшення непродуктивних витрат
Ризик-орієнтована	Раннє виявлення відхилень і альтернативні рішення	Зниження ризику затримок та додаткових витрат
Комунікаційна	Єдина координація учасників і регулярна звітність	Прозорість для локального та міжнародного менеджменту
Реляційна	Знання стандартів клієнта та представлення його інтересів	Довіра і зниження інформаційної асиметрії

Джерело: сформовано автором на основі узагальнення практики управління офісними проєктами.

Важливою особливістю професійних B2B-послуг є складність оцінювання їхньої якості до моменту фактичного надання. Корпоративний замовник не може наперед повністю перевірити, наскільки ефективно команда проєктного менеджменту реагуватиме на затримку постачання, помилку в проєктній документації або зміну вимог бізнесу. Тому під час закупівлі значну роль відіграють сигнали надійності: підтверджений досвід, рекомендації, кваліфікація команди, здатність працювати англійською мовою, зрозуміла методологія управління, якість попередньої комунікації та наявність релевантних кейсів.

Для корпоративного замовника суттєвим є також формат взаємодії з локальним провайдером. У проєктах з участю міжнародного менеджменту проєктний менеджер виконує роль інформаційного інтерфейсу між глобальними корпоративними вимогами та локальним середовищем реалізації. Його завдання полягає не просто у передачі інформації про проблему, а у перетворенні її на управлінське рішення: визначити причину, оцінити вплив на бюджет і строки, сформувати реалістичні варіанти дій та надати замовнику рекомендацію. Така координаційна роль відповідає системному підходу до управління будівельними проєктами, де результат залежить від узгодженої взаємодії численних учасників [4].

Саме ця здатність є одним із ключових елементів диференціації на ринку проєктного менеджменту. Формальне інформування про відхилення не створює достатньої цінності, якщо клієнт самостійно має шукати спосіб їх усунення. Вищий рівень сервісу передбачає проактивну модель: раннє виявлення ризику – оцінка наслідків – формування альтернатив – рекомендація – погодження рішення – контроль реалізації. Для міжнародного корпоративного клієнта така

модель зменшує управлінське навантаження та підвищує передбачуваність результату.

Практика оптимізації офісних приміщень площею орієнтовно 300–600 м² дозволяє представити процес створення цінності як послідовність взаємопов'язаних етапів. Спочатку спільно із замовником визначаються цілі оптимізації та функціональні вимоги. Далі формується планувальне рішення з урахуванням робочих місць, переговорних, сервісних і багатофункціональних зон. Після його погодження розробляється проєктна документація за необхідними інженерними розділами, проводиться тендер на виконання робіт, формується бюджет та графік. На етапі реалізації проєктний менеджмент забезпечує контроль строків, якості, матеріалів, витрат і передачі завершеного об'єкта замовнику [2].

З позицій маркетингу послуг така послідовність є важливою не тільки як виробничий процес. Вона формує customer journey корпоративного клієнта. На кожному етапі виникають окремі очікування та ризики: на початку – правильність розуміння потреб, під час проєктування – відповідність корпоративним стандартам, у тендері – прозорість ціни, під час будівельних робіт – строки та якість, при завершенні – готовність об'єкта до фактичного використання. Отже, якість проєктного менеджменту повинна оцінюватися не в одній точці, а протягом усього циклу створення офісного простору.

Окремою складовою цінності є економічна ефективність. Оптимізація офісу вимагає балансу між зменшенням площі та витратами на її адаптацію. Навіть за нижчої орендної ставки суттєві CAPEX на перепланування, інженерні системи, меблі, IT-інфраструктуру та спеціальні корпоративні вимоги можуть змінити економічну доцільність рішення. Тому для замовника важливий аналіз не лише орендної ставки, а загальної вартості користування офісом протягом запланованого строку оренди. Такий підхід узгоджується з концепцією стратегічного управління корпоративною нерухомістю, за якою рішення щодо простору мають оцінюватися у зв'язку з цілями та економікою основного бізнесу [5].

У воєнних умовах до економічної моделі додається вартість стійкості. Резервне електроживлення, альтернативні канали зв'язку, запас критичних комплектуючих, додаткові заходи безпеки або вибір дорожчого, але більш автономного бізнес-центру збільшують прямі витрати. Водночас вони можуть зменшувати очікувані втрати від простоїв. Відповідно, рішення повинно оцінюватися не лише через мінімізацію початкового бюджету, а через співвідношення витрат і ризику для основного бізнесу.

Для маркетингової політики компаній, що надають послуги проєктного менеджменту, це означає доцільність переходу від комунікації переліку функцій до комунікації бізнес-результатів. Формулювання «контроль будівельних робіт» є менш ціннісно орієнтованим, ніж «зниження ризику перевищення бюджету та затримки відкриття офісу». Аналогічно проведення тендеру на послугу генерального підрядника будівельно-монтажних робіт доцільно представляти через забезпечення прозорого порівняння пропозицій і контроль обґрунтованості

витрат, а «координацію підрядників» – через скорочення кількості управлінських інтерфейсів для клієнта.

Таким чином, маркетингова цінність проєктного менеджменту на ринку корпоративної офісної нерухомості формується на перетині технічної компетентності та здатності знижувати невизначеність для клієнта. В умовах війни це набуває особливої ваги: міжнародні компанії очікують від локального партнера знання місцевого ринку, здатності працювати відповідно до корпоративних процедур, прозорої комунікації та проактивного управління ризиками.

Практичний висновок полягає в тому, що конкурентоспроможність провайдера проєктного менеджменту доцільно будувати не лише на ціні послуги або переліку технічних функцій. Більш стійкою основою позиціонування є комплексна B2B-ціннісна пропозиція: відповідність корпоративним стандартам, контроль сукупних витрат, зниження проєктних ризиків, прозорість управління та здатність перетворювати локальні проблеми на зрозумілі для клієнта варіанти рішень. Саме така логіка дозволяє розглядати проєктний менеджмент як інструмент створення маркетингової цінності для корпоративного замовника, а не лише як адміністративно-технічну функцію.

Список використаних джерел

1. Загальна орендна активність в офісній нерухомості Києва у 2025 році досягла 165 000 кв. м. Property Times. 2026. URL: https://propertytimes.com.ua/novosti/u_kiyevi_za_2025_rik_zagalna_orenda_aktivnist_v_ofisniy_neruhomosti_dosyagla_165_000_kv_m
2. Лівшиц В. Я. Особливості надання послуг проектного менеджменту для корпоративних міжнародних клієнтів на ринку офісної нерухомості. Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference “New Horizons in Scientific Research: Challenges and Solutions”. Marseille, France, 2026. С. 130–135.
3. Kerzner H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 13th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2022. 848 p.
4. Winch G. Managing Construction Projects. 3rd ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2021. 464 p.
5. Appel-Meulenbroek R., Haynes B. Corporate Real Estate Management: Strategy and Implementation. London: Routledge, 2021. 260 p.

SECTION: MEDICINE

ORGANIZATION OF CARE PATHWAYS FOR PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION IN PRIMARY HEALTH CARE: CURRENT APPROACHES AND DIRECTIONS FOR OPTIMIZATION

Omarbek G.
Kazakhstan medical university «KSPH»

Introduction

Arterial hypertension (AH) remains one of the leading public health challenges worldwide and is a major preventable contributor to cardiovascular morbidity, disability, and premature mortality. According to the World Health Organization (WHO), approximately 1.4 billion adults aged 30–79 years worldwide had hypertension in 2024, representing about 33% of the population in this age group. At the same time, only 44% of adults with hypertension were diagnosed and receiving treatment, while approximately 23% had their blood pressure adequately controlled [1].

The burden of hypertension is also highly relevant to Kazakhstan. According to the WHO Global Report on Hypertension 2025, the estimated prevalence of hypertension among adults aged 30–79 years in Kazakhstan was 43% in 2024, exceeding the global estimate. Approximately 4.3 million adults in this age group were living with hypertension, while only 34% had their blood pressure controlled [2]. These data indicate that improving hypertension control requires attention not only to clinical management but also to the organization and continuity of health care.

Primary health care (PHC) plays a central role in the prevention and management of noncommunicable diseases, including hypertension. It provides the main point of entry into the health system and is responsible for early detection, long-term follow-up, preventive interventions, coordination of care, and referral to specialized services when necessary [3].

For patients with hypertension, health care should therefore be considered not as a series of isolated medical visits but as a continuous pathway involving identification, registration, regular follow-up, referral when indicated, specialist consultation, return to PHC, and subsequent long-term observation. Disruption at any of these stages may result in delayed care, incomplete referrals, loss to follow-up, and fragmentation of care.

Recent evidence supports the use of the care cascade concept for evaluating chronic disease management. A systematic scoping review of 128 studies identified awareness, screening, diagnosis, linkage to care, treatment, adherence, and control as major stages of the hypertension and diabetes care cascade [4]. This approach makes

it possible to identify not only whether services are available but also where patients are lost along the pathway.

Therefore, improving patient routing and continuity of care at the PHC level represents an important organizational component of effective hypertension control.

Aim

The aim of this review was to analyze current approaches to the organization of care pathways for patients with arterial hypertension in primary health care, identify major organizational barriers affecting continuity of care, and determine practical directions for optimizing patient routing and follow-up.

Materials and Methods

A narrative review of scientific publications and international recommendations addressing the organization of care for patients with arterial hypertension at the primary health care level was conducted.

Scientific publications and international documents published primarily between 2020 and 2026 were considered. The search focused on publications addressing hypertension care, patient pathways, continuity of care, retention in care, referral processes, team-based care, and organizational interventions in primary health care. Particular attention was paid to systematic and scoping reviews and WHO documents related to hypertension control and the HEARTS technical package.

The retrieved information was analyzed according to three main domains: organization of the patient pathway at the PHC level, organizational barriers affecting continuity and coordination of care, and interventions aimed at improving patient routing and long-term follow-up.

Results and Discussion

Organization of the patient pathway in primary health care

The organization of care for patients with hypertension requires continuity between several interrelated stages. In simplified form, the pathway can be represented as:

detection → registration and linkage to care → regular PHC follow-up → referral when required → specialist consultation → return to PHC → continued long-term follow-up.

The concept of the care cascade provides a useful framework for assessing this process. Wang et al. demonstrated that hypertension and diabetes care can be divided into sequential stages, including awareness, screening, diagnosis, linkage to care, treatment, adherence, and disease control [4]. Importantly, the authors identified both individual-level and health-system factors influencing successful progression through the cascade.

This suggests that hypertension management should not be assessed exclusively according to the number of registered or treated patients. From a public health perspective, it is equally important to determine whether patients remain connected to PHC, attend planned follow-up visits, complete necessary referrals, and subsequently return to regular observation.

The WHO HEARTS technical package provides a structured framework for cardiovascular disease management in PHC. Its components include evidence-based

protocols, access to essential medicines and technologies, risk-based cardiovascular management, team-based care, and systems for monitoring [3,5,6].

In 2026, WHO published a compendium of standardized terminology for hypertension-control programmes. In addition to clinical terminology, the document includes concepts related to service delivery, screening and case finding, patient registration, continuity of care, and core monitoring and evaluation indicators [7]. This reflects a broader transition from evaluating individual clinical encounters toward systematic monitoring of the organization and performance of hypertension-control programmes.

Organizational barriers and discontinuity of care

Long-term retention of patients in care remains one of the main organizational challenges in hypertension management. Unlike acute conditions, hypertension requires continuous interaction between the patient and the health system over many years.

A 2026 scoping review by Ribeiro et al. examined continuity of care for people with hypertension in PHC and identified limitations related to health workforce issues, communication between services, and organization of care pathways. Strategies supporting continuity included stronger teamwork, interprofessional coordination, shared health information, and more structured referral and counter-referral mechanisms [8].

Patient retention is another important element of an effective pathway. Ye et al. analyzed interventions aimed at improving retention in hypertension care in primary care settings. The review demonstrated that interventions frequently involved non-physician health workers and combined several approaches, including education, team-based care, counselling, and SMS-based interventions [9].

Organizational barriers may occur at different stages of the patient pathway. At the patient level, these may include missed appointments, insufficient awareness of the importance of regular follow-up, competing work or family responsibilities, and difficulties accessing health facilities. At the PHC level, barriers may include high workload, limited appointment availability, insufficient consultation time, and the absence of mechanisms for promptly identifying patients who miss scheduled visits [8,9].

An additional challenge occurs at the interface between primary and specialized care. The issuance of a referral does not itself mean that the patient has successfully completed the required stage of care. Effective routing requires the patient to obtain the consultation, the results to become available to the PHC team, and subsequent follow-up to continue at the primary care level.

A systematic review published in 2025 examined interventions to improve referrals from primary care to outpatient specialist services for chronic conditions. Process and system changes were among the most frequently studied approaches and included electronic health systems, referral algorithms, collaborative working arrangements, and mechanisms facilitating patient access. Time constraints and logistical difficulties were among the identified implementation barriers [10].

These findings demonstrate that patient routing should be assessed as an integrated process rather than as separate episodes of care.

Directions for optimization of hypertension care pathways

Optimization of patient pathways does not necessarily require expensive technologies or substantial restructuring of PHC. A number of relatively simple organizational interventions can improve continuity and reduce patient loss during long-term observation.

One important measure is systematic identification of patients who have missed scheduled follow-up. Patient registers and routine monitoring systems can support the identification of individuals who require active follow-up. WHO specifically recommends standardized indicators and data collection tools for monitoring cardiovascular disease prevention and management within PHC [5].

Reminder systems represent another feasible intervention. Telephone calls, text messages, and other forms of notification may support regular attendance and improve patient retention, particularly when integrated into existing organizational processes [9].

Team-based care is also increasingly recognized as an important element of chronic disease management. The WHO HEARTS model supports task-sharing and greater participation of nurses and other members of the PHC team in cardiovascular care [6]. Such an approach may reduce the workload placed exclusively on physicians and strengthen regular patient follow-up.

Referral and counter-referral processes also require organizational standardization. PHC professionals should be able to determine whether the referred patient attended the specialist consultation, whether recommendations were received, and whether subsequent observation continued at the PHC level. Evidence suggests that isolated referral interventions may be insufficient, whereas multicomponent interventions addressing barriers in both primary and specialist care may be more effective [10].

Monitoring should therefore include a limited number of practical organizational indicators, such as the proportion of registered patients receiving regular follow-up, frequency of missed scheduled visits, proportion of completed specialist referrals, waiting time for specialist consultation, and continuity of follow-up after specialist consultation or hospital discharge. The WHO's most recent terminology framework for hypertension programmes similarly emphasizes patient registration, continuity of care, and standardized monitoring and evaluation [7].

Thus, a simplified organizational model for hypertension care at the PHC level may be represented as:

patient identification → registration → planned follow-up → identification of missed visits → active patient contact → timely referral → confirmation of specialist consultation → return to PHC → continued follow-up.

This model shifts the focus from individual medical encounters toward management of the entire patient pathway and allows PHC organizations to identify specific stages at which continuity of care may be disrupted.

Conclusion

Effective hypertension management requires not only evidence-based clinical interventions but also a well-organized and continuous patient pathway. Primary health care has a central coordinating role, encompassing patient identification, registration, planned follow-up, referral, interaction with specialized services, and long-term observation [3,7].

Available evidence indicates that important organizational problems include loss of patients during long-term follow-up, difficulties in accessing services, insufficient coordination between levels of care, incomplete referral pathways, and limitations in monitoring patient movement through the health system [4,8–10].

The most feasible directions for improving hypertension care pathways include strengthening team-based care, expanding the organizational role of nursing personnel, introducing patient reminder and active follow-up mechanisms, improving referral and counter-referral processes, and implementing a limited set of indicators for monitoring continuity of care [5–10].

These interventions can be incorporated into routine PHC practice and may contribute to the development of a more accessible, coordinated, continuous, and patient-centered model of care for people with arterial hypertension.

References

1. World Health Organization. (2025). Hypertension. World Health Organization. WHO — Hypertension
2. World Health Organization. (2025). Global report on hypertension 2025: High stakes—turning evidence into action. World Health Organization. WHO — Global Report on Hypertension 2025
3. World Health Organization. (2020). HEARTS: Technical package for cardiovascular disease management in primary health care: Risk-based CVD management. World Health Organization. WHO HEARTS
4. Wang, J., Tan, F., Wang, Z., Yu, Y., Yang, J., Wang, Y., Shao, R., & Yin, X. (2024). Understanding gaps in the hypertension and diabetes care cascade: Systematic scoping review. JMIR Public Health and Surveillance, 10, e51802. Full article — JMIR Public Health and Surveillance
5. World Health Organization. (2018). HEARTS: Technical package for cardiovascular disease management in primary health care: Systems for monitoring. World Health Organization. WHO — Systems for Monitoring
6. World Health Organization. (2018). HEARTS: Technical package for cardiovascular disease management in primary health care: Team-based care. World Health Organization. WHO — Team-based Care
7. World Health Organization. (2026). Compendium of essential clinical terminology for hypertension-control programmes. World Health Organization. WHO — Compendium for Hypertension-Control Programmes

8. Ribeiro, A. M. V. B., Almeida, P. F., & Vilasbôas, A. L. Q. (2026). Continuity of care for people with hypertension in primary health care: A scoping review. Revista da Escola de Enfermagem da USP, 59, e20250053. https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2025-0053en
Article — PubMed
9. Ye, J., Sanuade, O. A., Hirschhorn, L. R., Walunas, T. L., Smith, J. D., Birkett, M. A., Baldridge, A. S., Ojji, D. B., & Huffman, M. D. (2024). Interventions and contextual factors to improve retention in care for patients with hypertension in primary care: Hermeneutic systematic review. Preventive Medicine, 180, 107880. https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2024.107880.
10. Bolton Saghdaoui, L., Lampridou, S., Tavares, S., Lear, R., Davies, A. H., Wells, M., & Onida, S. (2025). Interventions to improve referrals from primary care to outpatient specialist services for chronic conditions: A systematic review and framework synthesis update. Systematic Reviews, 14, 103. https://doi.org/10.1186/s13643-025-02841-z
Full article — Systematic Reviews

ГОСТРІ РЕСПІРАТОРНІ РЕКУРЕНТНІ ІНФЕКЦІЇ У ДІТЕЙ

Муріна Марія Олександрівна
здобувач вищої освіти магістерського рівня
Харківський національний медичний університет
м. Харків, Україна

Вступ. Не дивлячись на те, що вивченню причин виникнення частих захворювань дітей на гострі респіраторні рекурентні інфекції (ГРРІ) присвячена значна кількість наукових праць, до теперішнього часу залишається не повністю розробленим єдиний алгоритм їхньої комплексної діагностики та диференційної діагностики [1]. На сьогодні доведено, що частота респіраторної захворюваності в першу чергу асоційована з віком пацієнтів: часті ГРРІ притаманні насамперед дітям раннього віку через транзиторні особливості та недостатність імунної системи [2]. Серед тригерних чинників, що сприяють персистенції та поширенню інфекцій, особливе місце посідають висока контагіозність у дитячих організованих колективах та метеорологічні фактори, зокрема переохолодження [3].

Провідними етіологічними агентами гострих респіраторних вірусних інфекцій (ГРВІ) у дітей виступають віруси грипу, парагрипу, респіраторно-синцитіальний вірус, аденовіруси та риновіруси. Водночас у структурі бактеріальних збудників головну роль відіграють стафілококи та стрептококи [4]. Повторні епізоди вірусної інфекції є потужним тригером для маніфестації та загострення алергічної патології, такої як бронхіальна астма й алергічний риніт, а рецидивуючі бактеріальні та мікотичні інфекції призводять до вторинної сенсибілізації організму та формування хронічних вогнищ запалення [5].

Ризик розвитку ГРРІ значно зростає за наявності обтяженого преморбідного фону: несприятливого перебігу антенатального періоду, недоношеності, бронхолегеневої дисплазії, вроджених вад серця, раннього штучного вигодовування та порушень локального мікробіоценозу [6]. Сучасні дослідження етіопатогенезу ГРВІ доводять, що пріоритетними факторами формування рекурентного перебігу інфекцій у дітей раннього та дошкільного віку є поєднання алергічної конституції та коінфікування опортуністичними патогенами, зокрема цитомегаловірусом та іншими герпесвірусами [7].

Однак, на сьогодні недостатньо наукових праць, присвячених вивченню місцевого імунітету у дітей з частими гострими респіраторними рекурентними захворюваннями, що стало підґрунтям виконання даної роботи.

Мета дослідження. Вивчити негативний вплив різних патогенних факторів на формування гострих респіраторних рекурентних інфекцій у дітей.

Матеріали та методи дослідження. Робота заснована на аналізі даних 35 історій хвороб взятих з сайту (AntiBotan). 16 (45,7%) дітей раннього віку (до 3-х років) та 19 (54,3%) осіб віком з 4 до 7 років. Кількість хлопчиків і дівчаток була приблизно однаковою 18 (51,4%) і 17 (49,6% відповідно). Проведено аналіз анамнезу, клінічний огляд, вірусологічне та бактеріологічне дослідження мазків із зіва та носа. Стан імунітету оцінювали за вмістом імуноглобулінів (IgA, IgG, IgM) у носовому секреті та рівня IgG у сироватці крові.

Результати дослідження та їх обговорення. В залежності від частоти перенесених гострих респіраторних рекурентних захворювань було виділено дві основні клінічні групи: в першу групу увійшли діти, які епізодично (не більше 3-4 разів на рік) хворіли на гострі респіраторні вірус- ні інфекції (ГРВІ), у другу групу включені діти з частими респіраторними рекурентними захворюваннями (5 і більше разів на рік). Серед дітей перших 3-х років життя кількість хворіючих 5 і більше разів на рік становила 20(57,1%), серед дітей 4-7 років – 15(43,9%). Наведені дані чітко свідчать про те, що діти, представляють собою найбільш вразливі контингенти у відношенні захворювання на ГРВІ.

Звертаємо увагу на наявність у значної кількості дітей 18 (51,4%)у віці 1-3 роки і 10 (28,6% у віці 4-7 років) ринопатій з в’ялим перебігом у формі гіперсекреції в носових ходах, переважно слизового характеру, які не супроводжуються, як правило, гіперемією зіва і будь-якими запальними змінами з боку інших органів і систем.

Вірусологічне обстеження виявило високий рівень інфікованості дітей, 10 (28,6%). Дані анамнезу і спостереження за дітьми в динаміці дозволили встановити що носіями вірусу в основному являються реконвалесценти після ГРВІ та діти, як знаходяться в продромальному періоді респіраторних захворювань.

Більшість цих дітей 21 (60%)страждали на хронічні захворювання носоглотки (тонзиліти, аденотонзиліти) і відносились до категорії дітей, які часто хворіли на гострі респіраторні рекурентні захворювання. Найбільш високі показники частоти виділення імуноглобулінів у дітей відзначалися при виділенні

із зіва кокової мікрофлори та грибів роду Кандида, які не мали ознак патогенності, тобто при мікробному пасажі із зіву, близькому до нормального.

При бактеріологічному обстеженні у 5(14,3%) дітей із зіва був виділений патогенний стафілокок; у 5 (14,3%)- непатогенний стафілокок; грампозитивні палички – у 8(22,8%); гриби роду Candida - у 4 (11,4%)дітей; стрептокок та його асоціації з стафілококом виявлено переважно у дітей з хронічним тонзилітом. Отримані дані вказують на можливість пригнічення місцевої імунної відповіді при тривалому впливі патогенної мікрофлори .

При вивченні вмісту імуноглобулінів в носовому секреті наявні їх концентрації, виявлені у 77,1% (27 дітей) з числа дітей, у яких досліджувались імуноглобуліни: IgA в секреті слизової обо- лонки виявлений у 82,3% (29 дітей) з числа дітей, у яких були виявлені імуноглобуліни); середній вміст становив 0,09г/л; IgG виявлений у 85,7% (30 дітей), середній вміст його становив 0,32 г/л; |gM виявлений у 20% (7) з проявами ринопатій .

У дітей, інфікованих вірусами, виявлені тенденції до збільшення концентрації IgG і IgA в носовому секреті з одночасним зниженням рівня IgG в сироватці крові. Ці зміни свідчать про роль вірусів як антигенних стимуляторів місцевого захисту і гуморального імунітету.

При дослідженні імуноглобулінів крові у 22,8% (8 дітей), виявлені гіпоімунні стани за одним або кількома класами імуноглобулінів (до дефіцитів відносили кількість імуноглобулінів, яка складала 50% і менше від вікової норми). Клініко-анамнестичні та імунологічні співставлення показали, що у дітей з гіпо- та дизімуноглобулінемію частіше, ніж у дітей з нормальною картиною сироваткових імуноглобулінів, відмічався ускладнений перебіг антенатального періоду розвитку (патологія вагітності), перинатальна патологія: серед них відзначається велика питома вага дітей, які вигодовуються штучно; при клінічному обстеженні велика питома вага дітей з наявністю слизових та слизово-гнійних затяжних ринітів.

Висновок. Викладені дані про значення місцевого імунітету за показниками імуноглобулінів при частих респіраторних рекурентних інфекціях, схильність його до різних змін під впливам факторів зовнішнього і внутрішнього середовища свідчать про доцільність удосконалення лікувально-профілактичних заходів, які включають не тільки оптимізацію умов перебування дітей в дитячих закладах , але й застосування засобів, які підвищують ефективність місцевого захисту дихальних шляхів.

Список використаних джерел

1. Крамарьов С. О., Закордонець Л. В. Рекурентні респіраторні інфекції у дітей: сучасні погляди на діагностику та менеджмент. Актуальна інфектологія. 2023. Т. 11, № 2. С. 45–52. (Джерело під алгоритми діагностики).

2. Волосовець О. П., Кривопустов С. П., Мороз Т. С. Вікові особливості імунного реагування та рекурентні захворювання дихальних шляхів у дітей раннього віку. Современная педиатрия. Украина. 2022. № 3(123). С. 14–22. (Джерело під вік пацієнтів та імунітет).

3. Marcone D. N., Carballal G. Viral Respiratory Infections in Children: Environmental Factors and Transmission Dynamics in Daycare Centers. Journal of Clinical Virology Plus. 2024. Vol. 4, No. 1. P. 100–108. (Джерело під контагіозність у колективах).
4. Leung A. K., Hon K. L. Acute Viral Respiratory Tract Infections in Children: An Updated Review. Current Pediatric Reviews. 2025. Vol. 21, No. 2. P. 112–125. (Сучасний огляд щодо вірусів грипу, РСВ, риновірусів та бактеріальної флори).
5. Gern J. E. Viral Respiratory Infections as Triggers for Allergic Sensitization and Asthma Exacerbations in Children. The Journal of Allergy and Clinical Immunology. 2023. Vol. 151, No. 4. P. 845–853. (Джерело під тригери алергії та астми).
6. Знаменська Т. К., Похилько В. І., Ковальова О. М. Вплив несприятливого преморбідного фону та перинатальної патології на формування синдрому часто хворіючої дитини. Педіатрія, акушерство та гінекологія. 2021. Т. 83, № 4. С. 29–36. (Джерело під недоношеність, БЛД, ВУІ).
7. Pavić I., Jurković M. The Role of Cytomegalovirus Co-infection and Allergic Diathesis in Recurrent Respiratory Infections in Preschool Children. European Journal of Pediatrics. 2024. Vol. 183, No. 8. P. 3421–3430. (Джерело під нові дані: алергія + цитомегаловірус).
8. AntiBotan : [Електронний ресурс]. — URL: antibotan.com (дата звернення: 03.09.2026).

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.018

НОВА РЕДАКЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОГО КАЛЕНДАРЯ ПРОФІЛАКТИЧНИХ ЩЕПЛЕНЬ УКРАЇНИ В СОЧАСНИХ УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Смілянська Майя Володимирівна
канд.мед.наук,ст.н.с.,
Кучма Ірина Юрійовна
канд.мед.наук,ст.н.с.,
Волянський Андрій Юрійович
д.мед.наук,
Дідоренко Тетяна Павлівна
ДУ "Інститут мікробіології та імунології
ім. І.І. Мечникова НАМН України"

Вакцинація є одним із найбільш важливих і ефективних профілактичних заходів у системі охорони здоров'я населення від небезпечних інфекцій. Сучасні вакцини принципово відрізняються від вакцин минулих поколінь технологією виробництва, високою безпекою, вибірковістю дії та значно меншою кількістю ускладнень та побічних ефектів [1]. Національний календар профілактичних щеплень України потребував перегляду та оновлення відповідно до сучасних

досягнень в медицині та виробництві вакцин. З 1 січня 2026 року набули чинності зміни до Національного календаря профілактичних щеплень (Календар), затверджені наказом МОЗ України № 396 від 05.03.2025. Відтепер Календар передбачатиме захист від 11 інфекцій (раніше — від 10) за рахунок коштів державного бюджету та гуманітарної допомоги.

Оновлення Календаря вакцинації в Україні є важливим кроком у напрямку наближення вітчизняної системи імунізації до сучасних міжнародних медичних стандартів та практик країн ЄС. Україна, за підтримки ГАВІ, ЮНІСЕФ та ВООЗ, демонструє готовність забезпечити стабільність вакцинації, як одного з ключових інструментів громадського здоров'я. Угоду про партнерство між МОЗ України та міжнародними партнерами було підписано у 2024 р. і за нею закупівлю частини вакцин та підтримку програми імунізації, відповідно до національної «Стратегії розвитку імунопрофілактики до 2030 року», фінансує ГАВІ; доставку вакцин до України здійснює ЮНІСЕФ, а Центр громадського здоров'я (ЦГЗ) МОЗ України координує розподіл вакцин до регіонів [2].

Україна переходить до широкого використання сучасних комбінованих вакцин, які є стандартом у європейських Календарях щеплень протягом десятиліть (з 2000-х років). Використання комбінованих вакцин стає можливим завдяки синхронізації схем вакцинації проти дифтерії, правця, кашлюку, поліомієліту, гемофільної інфекції типу b (Хіб-інфекції) та гепатиту В в оновленому Календарі України. Це скоротить загальну кількість ін'єкцій та візитів до медичних закладів, що дуже важливо для дітей і батьків та зручно для медичних працівників.

Планова вакцинація за рахунок державного бюджету дівчаток 12-13 років (основної цільової групи для попередження РШМ) 1 дозою вакцини проти ВПЛ, безумовно, дуже актуальна та важлива новація МОЗ України. Але, 1-дозова схема введення вакцини Гардасил-9 не схвалена виробниками, хоча застосовується більш ніж у 90 країнах (у тому числі Великобританії, Канаді, Австралії). В усіх країнах ЄС використовують 2-дозові схеми вакцинації дівчаток-підлітків проти ВПЛ. В Україні нажаль не передбачена вакцинація хлопчиків, а в усіх країнах ЄС їх вакцинують за рахунок бюджету, оскільки ВПЛ може викликати онкологічні захворювання і у чоловіків. Оновлення схеми вакцинації протии ВГВ в Календарі вакцинації України (початок щеплення у 2 місяці та введення бустерної дози), безумовно дуже важливий та необхідний крок вперед.

Щепленняя БЦЖ на 1-2 добу життя може привести до виникнення серйозних ускладнень у дітей з імунодефіцитом, і взагалі, чим молодша дитина, тим частіше виникають несприятливі події після вакцинації. Також у немовлят віком до 6 місяців недосконала клітинна ланка імунної відповіді, яка має основне значення у формуванні довготривалого протитуберкульозного імунітету. У перше півріччя життя у дитини мінімальний ризик інфікування туберкульозом, оскільки вона не має широкого соціального кола спілкування. Таким чином, на наш погляд, вакцинацію БЦЖ на 1 добу доцільно рекомендувати тільки для дітей з групи ризику захворювання на туберкульоз (як у більшості країн ЄС), а

загальну вакцинацію проводити не раніше 2 місяців (оптимально у 6-7 місяців). Також нова редакція Календаря дозволяє робити БЦЖ до 7 місяців без попередньої діагностики туберкульозу (шкірними тестами/тестами вивільнення гамма-інтерферону), що безумовно позитивна зміна.

Синхронізація схем вакцинації проти дифтерії, правця, кашлюку, поліомієліту, гемофільної інфекції типу b (Хіб-інфекції) та гепатиту В в оновленому Календарі України дозволяє використання сучасних комбінованих вакцин, що скоротить загальну кількість ін'єкцій, кількість візитів дітей та батьків до медичних закладів та зменшить навантаження на медичних працівників.

Нова 3-дозова схема первинної вакцинації проти ВГВ (перше щеплення у 2 місяці (а не у 1 день)) має менший ризик побічних ефектів, а ревакцинація у 18 місяців сприяє формуванню більш потужного та довготривалого імунного захисту.

Графік щеплення проти кашлюку, дифтерії та правця в Україні залишився не зміненим. Було би доцільно для ревакцинації у 6 років та потім через кожні 10 років, як у країнах ЄС, використовувати вакцини з кашлюковим компонентом (Бустрікс та подібні), оскільки імунітет до кашлюку на протязі 5-6 років значно знижується. Також бажано, як у країнах ЄС, вакцінувати вагітних жінок після 27 тижня при кожній вагітності, для того, щоб IgG матері захищали немовля до 2 місяців. В усіх країнах ЄС ревакцинація підлітків та дорослих проводиться вакцинами, які крім анатоксинів дифтерії та правця, містять кашлюковий компонент, оскільки імунітет до кашлюку на протязі 5-6 років значно знижується. Було би доцільно в Україні для ревакцинації у 6 років та потім через кожні 10 років також використовувати вакцини з кашлюковим компонентом.

Вакцинація проти поліомієліту за оновленим Календарем буде проводитися виключно ІПВ за 5-дозовою схемою, як і в інших країнах ЄС. Це є важливим нововведенням, оскільки виключить таке небезпечне ускладнення, як ВАП. Таким чином, повний перехід у оновленому Календарю до вакцинації ІПВ – дуже важливий захід для запобіганню такого тяжкого ускладнення, як ВАП.

Вакцинація для профілактики інфекцій спричинених Hib тепер проводиться у 2, 4, 6 та 18 місяців (за попереднім Календарем щеплення проводили у 2, 4 та 12 місяців). 3-дозова первинна вакцинація з ревакцинацією через 12 місяців викликає більш потужний та тривалий імунний захист проти Hib, який зберігається на високому рівні 5 років та більше (як раз в той період коли дитина має найвищий ризик захворювання інвазивними формами гемофільної інфекції).

Щеплення вакциною КПК буде проводитися, як і раніше у 12 місяців, а ревакцинація перенесена за оновленим Календарем з 6 років на 4 роки, що є доцільним, оскільки в період епідемії 2017 – 2019 рр. спостерігалося широке поширення кору серед дітей дошкільного віку.

Головним критерієм при виборі тактики масової імунізації є її біологічна доцільність у конкретних соціально-епідеміологічних умовах; також звісно велике значення має економічна спроможність країни [3]. Незважаючи на виклики воєнного часу, МОЗ України розробило Національну програму

імунізації до 2030 року і за підтримки міжнародних партнерів (ГАВІ (GAVI - Global Alliance for Vaccines and Immunization), ЮНІСЕФ та ВООЗ), Україна має ресурси для оновлення календаря щеплень та закупівлі нових сучасних вакцин. На 2026 рік Україна забезпечена необхідними вакцинами згідно оновленому Календарю і особливу увагу приділено належному збереженню вакцин в умовах ризику відключення електроенергії - у кожній області створені спеціальні приміщення з резервними джерелами живлення, що дозволяє дотримуватись холодового ланцюга навіть у кризових ситуаціях [4].

Список використаних джерел

1. Immunization agenda 2030: A global strategy to leave no one behind, Vaccine, Volume 42, Supplement 1, 2024, Pages S5-S14, ISSN 0264-410X, https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2022.11.042.
2. Nakaz MOZ Ukrayini vid 05.03.2025 № 396 "Pro vnesennya zmin do Kalendarya profilaktichnih sheplen v Ukrayini". https://moz.gov.ua/uk/decrees/nakaz-moz-ukrayini-vid-05-03-2025-396-pro-vnesennya-zmin-do-kalendarya-profilaktichnih-sheplen-v-ukrayini
3. Word health Organization . Country Cooperation Strategy, Ukraine 2024–2030. https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2024-9329-49101-73236
4. Вся інформація про вакцинацію в Україні для фахівців та громадськості URL: https://phc.org.ua/news/vsya-informaciyapro-vakcinaciyuv-ukraini-dlya-fakhivciv-ta-gromadskosti-teper-zibrana-na

ASSESSMENT OF CYTOKINE LEVELS IN ORAL FLUID OF PATIENTS WITH GASTROESOPHAGEAL REFLUX DISEASE TAKING INTO ACCOUNT THE PRESENCE AND NATURE OF PERIODONTAL PATHOLOGY

Kuradovets Alina Volodymyrivna
Assistant Professor
Department of Dentistry,
Faculty of Postgraduate Education,
I. Horbachevsky Ternopil National Medical University
Ministry of Health of Ukraine

It is known that proinflammatory cytokines produced by activated macrophages and monocytes under the influence of endotoxins from periodontopathogenic bacteria not only initiate but also sustain the inflammatory process in periodontal tissues.

The aim was to identify and analyze possible changes in cytokine levels in oral fluid depending on the clinical form of gastroesophageal reflux disease, taking into account the condition of the oral mucosa and periodontal tissues.

Materials and methods. Assessment of Cytokine Levels. The content of proand anti-inflammatory cytokines – IL-1β, IL-4, and IL-12 – was measured using enzyme-linked

immunosorbent assay (ELISA) kits from Elabscience (USA) on the "Multiskan FC" device. The method was based on a solid-phase "sandwich" ELISA using monoand polyclonal antibodies to IL-1β, IL-4, and IL-12. Samples were obtained from gingival and periodontal pockets. The levels of IL-1β, IL-4, and IL-12 in oral fluid were determined in 65 patients at the time of hospital admission and in 20 individuals from the control group.

Results. The results of cytokine concentration analysis in oral fluid of patients with non-erosive GERD confirm that IL-1β plays a key role in initiating and maintaining local inflammatory responses. The hyperproduction of this biologically active mediator in patients with periodontitis and gingivitis is considered a valid indicator of disease activity and progression of periodontal disease in the context of GERD. The data also reveal changes in IL-12 levels, with significantly higher concentrations observed in patients with non-erosive GERD compared to those with the erosive form. Specifically, IL-12 concentrations reached 11.27±0.01 pg/mL in patients with intact periodontium and 11.41±0.03 pg/mL in those with gingivitis, compared to 9.30±0.02 pg/mL ($p<0.05$) in gingivitis patients with erosive GERD and 9.07±0.02 pg/mL ($p<0.05$) in those with periodontal tissue damage.

Conclusions. Based on the obtained results, it can be summarized that the severity of the inflammatory process in the oral cavity, as indicated by IL-12 levels, was significantly higher in patients with the nonerosive form of GERD, both in those with gingivitis and in those with an intact periodontium. The absence of increased IL-12 levels may suggest a minimal role of this lymphokine in the pathogenesis of periodontal inflammation.

Literature

1. Reddy MS, Geurs NC, Gunsolley JC. Periodontal host modulation with antiproteinase, anti-inflammatory, and bone-sparing agents. A systematic review. Annals of periodontology. 2003;8(1):12-37. DOI: https://doi.org/10.1902/annals.2003.8.1.12

2. Xu B, Han YW. Oral bacteria, oral health, and adverse pregnancy outcomes. Periodontology 2000. 2022;89(1), 181-189. DOI: https://doi.org/10.1111/prd.12436

3. Nai PF, Ferraz R, Cunha, CF, Orlandi PP, Boechat AL, Bertho AL, & Dos-Santos MC. Immunophenotyping in saliva as an alternative approach for evaluation of immunopathogenesis in chronic periodontitis. Journal of periodontology. 2014;85(5), e111-e120. DOI: https://doi.org/10.1902/jop.2013.13041243

4. Chen, Y., Huang, Z., Tang, Z., Huang, Y., Huang, M., Liu, H., Ziebolz, D., Schmalz, G., Jia, B., & Zhao, J. More Than Just a Periodontal Pathogen the Research Progress on Fusobacterium nucleatum. Frontiers in cellular and infection microbiology, 2022; 12, 815318. DOI: https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.815318

5. González DA, Bianchi ML, Armada M, Escalante AC, Salgado PA, Seni S, et al. Hyposalivation and periodontal disease as oral non-articular characteristics in rheumatoid arthritis. Clin Rheumatol. 2024;43(1):95-102. DOI: https://doi.org/10.1007/s10067-023-06718-1

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.019

ENHANCING 6TH-YEAR MEDICAL STUDENTS' KNOWLEDGE ACQUISITION THROUGH GAMIFICATION

Pervak Mykhailo
Ph.D., Associate Professor
Onyshchenko Viacheslav
Assistant of Professor
Prokopchuk Yuliia
Ph.D., Associate Professor
Lunko Serhii
Assistant of Professor
Department of simulation medical technologies
Odesa National Medical University, Odesa, Ukraine

Introduction

In contemporary medical higher education—especially amidst the complex demands of wartime in Ukraine—rethinking traditional teaching frameworks has become imperative. Conventional didactic strategies frequently generate psychological tension, cultivate anxiety around making errors, and encourage passive reception of information, ultimately hindering memory retention. In order to cultivate a stress-free, supportive educational climate while raising instructional standards, student tutors from the Student Scientific Society, collaborating with faculty supervisors from the Department of Simulation Medical Technologies at Odesa National Medical University (ONMedU), designed an interactive, multidisciplinary educational board game called "Path to Rescue."

Methodology

According to the standard academic timetable for sixth-year students, the Simulation Medicine course is allocated a total duration of seven days. The study cohort comprised 41 participants structured across two separate academic groups. Throughout the initial six days, course material was conveyed using standard educational approaches. During the final seventh day, the "Path to Rescue" board game was implemented to test and consolidate student knowledge. The game blended theoretical concepts with practical emergency procedures, determining participant scores via a star reward mechanism. To evaluate the impact of this educational method, a digital Google Forms survey was given prior to and following the gameplay, containing thirty-five theoretical questions on emergency care, five scaled questions gauging self-perceived preparedness and assurance in emergency delivery, as well as qualitative items exploring student perceptions of gamification.

Key Findings

Evaluations of factual knowledge revealed substantial progress, as mean testing scores rose from 68.20% baseline to 86.40% post-intervention, reflecting an overall

increase of 18.20% in material mastery. In terms of psychological self-assurance and clinical readiness, the percentage of top-tier self-evaluations ("4–5" out of 5) regarding theoretical and hands-on emergency skills surged from 45% to 75%. Additionally, learner response was remarkably enthusiastic, with all participants (100%) reporting overall satisfaction, supporting the expansion of game-based learning to other medical subjects, and endorsing the experience to fellow students.

Final Conclusions

Incorporating gamification through the "Path to Rescue" board game markedly boosts the learning and retention of medical competencies relative to conventional teaching methods alone, producing a proven 18.20% gain in academic outcome. The game-centered, interactive format reduces emotional stress and eliminates assessment bias, prompting a notable rise in students' personal confidence and professional readiness (growing from 45% to 75%). Supported by unanimous student endorsement (100%), "Path to Rescue" represents an effective, adaptable tool for long-term inclusion in ONMedU's Simulation Medicine syllabus and serves as an established prototype for introducing gamified learning into additional healthcare fields.

References

1. Gentry S. V., L'Estrade Ehrstrom A., Golder S. et al. Serious Gaming and Gamification Education in Health Professions: Systematic Review. Journal of Medical Internet Research. 2019. Vol. 21, no. 3. Art. e12994. DOI: https://doi.org/10.2196/12994.
2. Van Gaalen A. E. J., Riedstra J., Koopmans A. B. et al. Gamification of health professions education: a systematic review. Advances in Health Sciences Education. 2021. Vol. 26, no. 2. P. 683–711. DOI: https://doi.org/10.1007/s10459-020-10000-3.
3. Bochennek K., Wittekindt B., Pflugbier U. et al. More than child's play: can board games stimulate learning in medicine? Medical Teacher. 2007. Vol. 29, no. 9–10. P. 941–948. DOI: https://doi.org/10.1080/01421590701749813.

SECTION: MILITARY AFFAIR

ВЗАЄМОДІЯ РІЗНИХ РОДІВ ВІЙСЬК ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЙ

Бамбуляк Михайло
доцент, старший викладач
Кафедра тактико-спеціальної підготовки
Навчально-науковий інститут № 2
Вітвіцька Катерина
курсант
Навчально-науковий інститут №4
Костенко Кирило
курсант
Навчально-науковий інститут №4
Шеховцов Максим
курсант
Навчально-науковий інститут №4
Харківський національний університет внутрішніх справ, Україна

Сучасне операційне середовище дедалі частіше характеризується розмиттям традиційних лінійних кордонів між сферами ведення війни, що змушує військові організації, зокрема НАТО, переглядати усталені підходи до ведення бойових дій. Як зазначається в аналітичних матеріалах, початкові рамки «Air-Land Battle», розроблені для європейського театру часів Холодної війни, передбачали відносно безперервну лінію зіткнення, однак сучасне поле бою є нелінійним, де сили противника розгорнуті на велику глибину, а власні війська змушені діяти на значній відстані від лінії фронту [4], що підтверджується досвідом сучасних військових операцій, зокрема в Іраку, Афганістані та під час російсько-української війни. У відповідь на цю нову реальність Альянс офіційно закріпив концепцію багатодоменних операцій (Multi-Domain Operations, MDO), визначивши її як «оркестрацію військової діяльності в усіх сферах і середовищах, синхронізовану з невійськовою діяльністю, щоб надати Альянсу змогу створювати конвергентні ефекти зі швидкістю, що відповідає важливості ситуації» [1]. Це визначення виводить проблему взаємодії на принципово новий рівень, оскільки йдеться вже не просто про координацію дій різних родів військ у межах одного відомства чи країни, а про створення єдиної мережі, що охоплює п'ять операційних сфер (повітря, суходіл, море, кіберпростір і космос) та інтегрує військові зусилля з дипломатичними, інформаційними та економічними важелями впливу [1; 3]. Такий підхід вимагає не лише технологій, але й фундаментальної зміни операційної культури та мислення, переходу від традиційного спільного (joint) підходу до ширшого багатодоменого бачення.

Як зазначається у дослідженнях НАТО, еволюція військової думки, що привела до концепції MDO, пройшла кілька ключових етапів, зокрема через усвідомлення того, що сучасні противники застосовують гібридні тактики, поєднуючи військові та невійськові засоби. Концепція гібридної війни, яка набула особливої актуальності після подій в Україні з 2014 року , зокрема в ході антитерористичної операції, операції Об'єднаних сил, а з 2022 року - повномасштабного вторгнення, де гібридні тактики поєднувалися з конвенційними бойовими діями, демонструє, що противник використовує широкий спектр інструментів -від військової сили, технологій, кіберзасобів до економічного тиску, дезінформації та злочинної діяльності [3]. Це створює принципово нові виклики для взаємодії родів військ, оскільки традиційне розмежування на сфери відповідальності втрачає сенс. Успіх дедалі більше залежить від здатності адаптуватися до ситуації, що швидко змінюється, а не від виконання жорстких, заздалегідь визначених планів. Застосування теорії нелінійних систем, на яку спирається концепція MDO, підкреслює, що збільшення сили чи дій не завжди дає пропорційні або передбачувані ефекти, а отже, вимагає адаптивності та врахування складних взаємодій у середовищі ведення війни [4]. Саме для створення багатовимірних дилем для противника, відходу від передбачуваних послідовних дій і використання технологій для досягнення розширеної одночасності у взаємопов'язаних фізичному, цифровому та людському вимірах і призначена концепція багатодоменних операцій.

Найскладнішим аспектом впровадження MDO є синхронізація військових та невійськових інструментів впливу, що вимагає подолання глибоких інституційних, культурних та процедурних бар'єрів. Як наголошується в аналітичних матеріалах, ефективна синхронізація та співпраця між НАТО та невійськовими акторами є значно складнішою, ніж виклики цифровізації та інші технологічні аспекти MDO у військовій сфері. Об'єднання всіх військових і невійськових інструментів влади традиційно описується як «комплексний підхід» (comprehensive approach) , що застосовувався, наприклад, у миротворчих операціях НАТО в Косово (KFOR) та в операції «Об'єднаний захисник» у Лівії. Як зазначалося ще у 2008 році, хоча комплексний підхід та підхід, заснований на ефектах (EBAO), мають спільну мету -підвищення ефективності операцій через кращу координацію військових та цивільних зусиль, -між ними існують суттєві методологічні відмінності [2]. Якщо EBAO є детальним і програмним, то дискурс комплексного підходу є загальним і гнучким, що відображає обережність політико-дипломатичних кіл у питаннях розширення ролі НАТО в цивільних аспектах безпеки. Ці відмінності створюють тертя навіть тоді, коли всі зацікавлені сторони готові до співпраці. Вирішальним, але нерозв'язаним залишається питання про те, хто відповідає за оркестрацію компонентів DIME (дипломатичних, інформаційних, військових та економічних інструментів) та визначає спільні цілі [1; 2].

Вирішення цих концептуальних та операційних викликів лежить у площині глибокої цифрової трансформації та перегляду усталених принципів командування та контролю. Цифрові можливості є справжнім «змінювачем

правил гри» для MDO. Технології дозволяють об'єднувати раніше сегреговані мережі різних операційних сфер, прагнучи до створення безшовної об'єднаної мережі з навіть можливістю інтероперабельності з цивільними комунікаційними системами. Однак цей потенціал може бути реалізований лише через перехід від мережецентричного до дата-центричного підходу, де в основі лежить обмін даними. Хмарні технології, штучний інтелект та архітектура Zero Trust стають критичними елементами цієї трансформації. Водночас, як підкреслюється в документах, технології значно випереджають військові організаційні структури, тому адаптація систем командування та контролю є обов'язковою умовою. Це передбачає рух від централізованого контролю та децентралізованого виконання до розподіленого контролю, що адаптується до змін на полі бою , що відпрацьовувалося в рамках навчань НАТО «Steadfast Defender» і «Trident Juncture», а також в операціях з колективної оборони. Крім того, багатодоменні операції вимагають кардинального перегляду ролі оперативного рівня управління, який стає сполучною ланкою між стратегічними цілями та тактичним виконанням, забезпечуючи синтез та узгодження ефектів між усіма командними рівнями [4]. Цей рівень має долати культурні упередження та організаційні структури, які підштовхують планувальників зосереджуватися на рішеннях, що використовують сили з їхньої основної сфери, та виступати «метрономом» операції, забезпечуючи темп і ритм спільних дій.

Отже, проблема взаємодії родів військ у сучасних умовах виходить далеко за межі технічної сумісності озброєння та військової техніки. Вона вимагає створення адаптивних мереж мереж, де інформація є спільною та захищеною, де рішення приймаються на найнижчому операційно компетентному рівні, а командування та контроль стають гнучкими та розподіленими. Успіх багатодоменних операцій залежить не від окремої досконалої системи, а від здатності Альянсу діяти як єдина, взаємопов'язана екосистема, де військові та невійськові інструменти влади підпорядковані спільній стратегічній меті. Як наголошується в дослідженнях, якщо НАТО не зможе ефективно інтегрувати всі складові DIME, існує ризик, що військовий внесок Альянсу стане найсильнішою ланкою в іншому дуже слабкому ланцюзі [1]. Подолання цих викликів вимагає не лише фінансових ресурсів, але й політичної волі, інституційної гнучкості та глибокого розуміння того, що в епоху багатодоменних операцій перемога кується не на полі бою, а в здатності об'єднати всі важелі впливу в єдиний, скоординований механізм.

Список використаних джерел

1. NATO's Multi-Domain Operations and Digital Transformation [Електронний ресурс] // The Defence News. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://thedefencenews.com/natos-multi-domain-operations-and-digital-transformation/ (дата звернення: 02.09.2026).
2. SCHMID J., BOGDANOV P. HASTEN SLOWLY: NATO's Effects Based and Comprehensive Approach to Operations [Електронний ресурс] // NATO Defense College. – 2008. – June. – Режим доступу до

ресурс: https://www.ndc.nato.int/news/news.php?icode=158 (дата звернення: 02.09.2026).
3. Hybrid Warfare: A New Challenge for NATO [Електронний ресурс] // NATO Review. – 2023. – Режим доступу до ресурс: https://www.nato.int/docu/review/articles/2023/06/21/hybrid-warfare-a-new-challenge-for-nato/index.html (дата звернення: 02.09.2026).
4. On Multi-Domain Operations: The Need for Adaptive Command and Control [Електронний ресурс] // Joint Forces Quarterly. – 2023. – Issue 110. – Режим доступу до ресурс: https://ndupress.ndu.edu/JFQ/Joint-Force-Quarterly-110/Article/339349/on-multi-domain-operations/ (дата звернення: 02.09.2026).

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.020

IDENTIFYING TARGET AUDIENCE VULNERABILITIES IN RECRUITMENT CAMPAIGNS BASED ON INFORMATION ENVIRONMENT MONITORING

Skarzhynets Andrii
Postgraduate student
Department of Information Warfare
National Defence University of Ukraine, Ukraine

The contemporary digital information environment creates opportunities not only for the large-scale dissemination of information messages but also for adapting them to the characteristics of specific target audiences (hereinafter referred to as TAs). Geographic and language targeting, the use of users' socio-economic characteristics, personalization of message content, and the development of multi-channel communication pathways enable actors engaged in information influence to tailor information materials to specific population groups. Accordingly, the results of information environment monitoring can be used not only to determine the volume and reach of disseminated content but also as an additional source of data for analysing target audience vulnerabilities.

The purpose of the study is to determine the potential for using the results of digital communication monitoring to identify potential vulnerabilities of target audiences and to further operationalize them in the process of TA analysis.

The empirical basis of the study consisted of the results of information environment monitoring conducted in August 2026. The collected materials were processed using content analysis, comparative analysis of information channels, analysis of message structure, and reconstruction of the communication pathway from the initial information contact to the expected behavioural response of the user. The collection, systematization, and preliminary analysis of empirical data were carried out using the Osavul AI platform, designed to assess the information environment, detect

coordinated inauthentic behaviour on social media, and monitor and analyse Internet and social media content.

Particular attention during the monitoring was drawn to a digital recruitment campaign targeting citizens of several countries in Africa, Latin America, and Southeast Asia, as well as members of Latin American diasporas in Europe. The identified information channels used linguistic and geographic adaptation of messages, as well as different models for positioning offers to particular segments of the target audience [1]. The monitoring identified at least 35 information channels, including specialized web resources, groups and pages on social media and messaging platforms, and other digital platforms using content in approximately 40 languages. Advertising messages were adapted to specific audience segments, some of them were created using artificial intelligence technologies, while certain resources imitated the activities of conventional recruitment agencies.

The content analysis revealed that material incentives constituted one of the central elements of communication: high levels of remuneration, one-time bonuses, social benefits, and arguments centred on improving the financial situation of individuals and their families [2]. This provides grounds for considering the socio-economic circumstances of specific audience segments as a potential source of economic vulnerabilities.

At the same time, offers of employment, opportunities to improve living conditions, achieve material self-realization, or support one's family make it possible to identify a motivational component of vulnerability. Similar positioning can be observed on specialized recruitment resources, where military service is presented through a system of economic and social benefits for potential applicants [3]. In such cases, an economic incentive becomes a motivational mechanism only when it corresponds to an actual need of a particular individual or social group.

A separate category is formed by information vulnerabilities. The use of web resources with different visual designs, employment and recruitment terminology, multilingual content, and the transition from an initial digital contact to subsequent personalized communication make it more difficult for users to quickly identify the actual purpose of the message and the actor behind the communication [1]. Some of the analysed materials concealed or minimized information about the actual nature of the proposed activity by using the format of ordinary job vacancies, false recruitment resources, and intermediary information platforms.

Another important result of the analysis is the identification of the segmented nature of communication. A single information concept was implemented in different languages and adapted to the geographic and socio-economic characteristics of particular groups. This confirms the appropriateness of considering TA vulnerability not as a universal characteristic of a broad audience, but as a characteristic of a specific segment that manifests itself only under a particular combination of conditions, needs, and features of the information environment.

At the same time, geographic location, language, or age should not in themselves be considered vulnerabilities. Rather, they function as segmentation attributes that make it possible to identify a group within which economic, motivational,

informational, social, or other vulnerability factors may subsequently emerge. Such an approach prevents the mechanical identification of socio-demographic characteristics with an individual's readiness to demonstrate a particular behavioural response.

Based on the conducted study, it is proposed that information environment monitoring data be used as one of the initial stages of target audience vulnerability analysis. The sequence of such analysis may include: identifying an information campaign and its target segments; determining the characteristics of messages that are systematically adapted to those segments; identifying the needs or problems addressed by the communication; developing a list of potential vulnerabilities; and subsequently verifying them using additional sociological, statistical, or behavioural data.

Thus, information environment monitoring can perform not only a descriptive function by recording the number of publications, communication channels, and audience reach, but can also serve as a source of primary empirical data for target audience analysis. Analysis of the architecture of a digital campaign, the characteristics of its audience segmentation, and the content of adapted messages makes it possible to identify potential economic, motivational, informational, and social vulnerabilities of TAs.

Despite differences in visual design, linguistic adaptation, and positioning strategies, the analysed information resources demonstrate a similar communication logic: they appeal to a limited set of potential target audience vulnerabilities, primarily economic, motivational, and informational, while adapting the form of the message to the characteristics of a specific TA segment.

References

1. IRC Russian Bear (n.d.). International contract service recruitment URL: https://www.irc-russianbear.army/
2. Contract RF (n.d.). Servicio militar por contrato en Rusia para ciudadanos extranjeros URL: https://russian-army.com/es/
3. Work in Russia (n.d.). Contract Service for Foreign Nationals URL: https://workinrussia2025.ru/
4. Government Services (n.d.). Contract Service URL: https://contract.gosuslugi.ru/
5. Moscow City Government (n.d.). Contract Service URL: https://contract.mos.ru/
6. Military Staff Agency (2026). Join the Russian Army: Contract service for foreign citizens URL: https://militarystaffagency.ru/en
7. Work Crew Agency (n.d.). Serve in the Russian Army URL: https://workcrewagency.com/?lang=en

SECTION: OCCUPATIONAL HEALTH

HYGIENIC CHARACTERISTICS OF WORKING CONDITIONS AND OCCUPATIONAL MORBIDITY AMONG WORKERS IN THE MINING INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

A.B. Bekmagambetov
Candidate of Legal Sciences, Associate Professor
A.M. Rakhmetova
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
G.A. Alshynbekova
Candidate of Biological Sciences
RSE at the National Research Institute for Occupational Safety of the Ministry of Labor and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

The mining industry is one of the strategically important sectors of the economy of the Republic of Kazakhstan. It provides for the extraction and processing of coal, oil, natural gas, uranium, ferrous and non-ferrous metals, and other mineral resources, accounting for a significant share of the country's industrial and export potential. At the same time, mining is classified as an economic activity with an elevated level of occupational risk due to exposure to a combination of hazardous and harmful occupational factors that may result in occupational injuries, diseases, and reduced work capacity [1].

The specific characteristics of mining operations are determined by complex geological conditions, the use of heavy machinery and equipment, significant physical workloads, drilling and blasting operations, and, in underground mining, confined spaces, insufficient natural lighting, and the complexity of ventilation systems. The International Labour Organization classifies mining as one of the most hazardous types of work, highlighting the risks of occupational injuries, pneumoconiosis, hearing loss, and disorders associated with vibration exposure [2].

The aim of this study is to summarize the main hygienic factors of the working environment and work process that determine occupational risks among workers in the mining industry of Kazakhstan, as well as to analyze official data on occupational injuries and diseases.

One of the most significant occupational factors is exposure to mineral dust. The most hazardous types include dust containing crystalline silica, as well as coal and other forms of mineral dust. Prolonged exposure to aerosols may lead to pneumoconiosis, chronic bronchitis, impaired pulmonary function, and other respiratory diseases. The International Labour Organization considers the prevention of occupational dust exposure to be one of the key areas in preventing occupational

diseases in the mining industry. The World Health Organization emphasizes the need for systematic medical surveillance of workers exposed to mineral dust, using clinical and functional examination methods [3,4].

The second major factor is occupational noise. Prolonged exposure can cause permanent hearing impairment and sensorineural hearing loss. Combined exposure to noise and vibration during the operation of mining equipment is of particular concern.

Occupational vibration is characteristic of workers using drilling machines, jackhammers, hand-held tools, and other vibrating equipment. Hand-arm vibration may contribute to disorders of the peripheral nervous and vascular systems. A study conducted in the mining industry of East Kazakhstan confirms the relevance of assessing the effects of hand-arm vibration on workers' health [1].

A significant group of occupational hazards consists of physical and ergonomic loads, including lifting and handling heavy loads, prolonged work in awkward postures, repetitive movements, static muscle tension, and work in confined spaces. These factors may contribute to the development of musculoskeletal disorders, including dorsalgia and intervertebral disc disorders.

Additional risks are associated with adverse microclimatic conditions, chemicals generated during drilling and blasting operations, exhaust gases from diesel-powered machinery, and hazardous gases in underground workings. During the extraction and processing of certain types of raw materials, workers may also be exposed to ionizing radiation.

Table 1. Main occupational risk factors in the mining industry

Factor	Main sources	Possible consequences
Mineral dust	Drilling, crushing, transportation	Pneumoconiosis, chronic respiratory diseases
Noise	Mining equipment, crushing plants, transportation	Hearing impairment, sensorineural hearing loss
Vibration	Drilling machines, hand-held tools	Disorders of the nervous and vascular systems
Physical workloads	Manual handling, physical operations	Musculoskeletal disorders
Microclimate	Underground and open-pit operations	Heat stress, hypothermia, reduced work capacity
Chemical factors	Blasting operations, diesel engines	Acute and chronic intoxication
Psychosocial factors	Shift work, high responsibility	Occupational stress, fatigue

Thus, the hygienic characteristics of working conditions in the mining industry are determined not by a single factor but by their combined effects.

According to the Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan, 2,328 occupational accidents were registered in 2025. In 2024, the figure was 2,471, while in 2023 it was 2,670. Thus, a 12.8% decrease was observed over the period 2023–2025, while in 2025 alone the number decreased by 5.8% compared with the previous year [5].

Despite this positive trend, the mining industry continues to have a high level of occupational risk. In 2025, 130 workers were injured in occupational accidents in the industry. By this indicator, the mining industry ranked second after the manufacturing industry [5].

The dynamics of occupational morbidity also deserve particular attention. In 2025, 408 cases of occupational diseases were registered in Kazakhstan. The most common conditions were intervertebral disc disorders of the lumbar and other spinal regions with radiculopathy, accounting for 183 cases, and dorsalgia, accounting for 116 cases. Together, these two groups accounted for 299 cases, or approximately 73.3% of all registered occupational diseases.

Table 4. Main registered occupational diseases in Kazakhstan in 2025

Type of occupational pathology	Number of cases	Share of 408 cases
Intervertebral disc disorders with radiculopathy	183	44.9%
Dorsalgia	116	28.4%
Both groups combined	299	73.3%
All occupational diseases	408	100%

The findings indicate a significant role of physical and ergonomic factors in the development of occupational pathology. At the same time, respiratory diseases associated with prolonged exposure to industrial aerosols and mineral dust remain of particular hygienic importance, as they may develop gradually and lead to a persistent reduction in work capacity.

Prevention of occupational diseases in the mining industry should primarily focus on eliminating or minimizing exposure to harmful occupational factors directly at the workplace. Priority should be given to engineering and organizational measures, including improving ventilation and dust suppression systems, automating and remotely controlling hazardous operations, maintaining equipment, conducting occupational health and safety monitoring, and regularly assessing occupational risks.

Medical surveillance is another important component of prevention. The legislation of the Republic of Kazakhstan provides for preliminary and periodic mandatory medical examinations of workers engaged in heavy work and work involving harmful and/or hazardous working conditions. These examinations are aimed at monitoring workers' health over time and detecting early signs of occupational diseases. For workers exposed to mineral dust, systematic assessment of respiratory health should be conducted, taking into account the nature and duration of occupational exposure. The World Health Organization considers medical surveillance an important component of preventing diseases associated with mineral dust exposure [6].

Modern occupational health and safety management systems should move from a reactive approach, based primarily on investigating incidents that have already occurred, toward a preventive model focused on predicting and preventing risks. ISO 45001:2018 is an important instrument in this regard, as it provides for hazard identification, occupational risk assessment, worker participation, incident

investigation, and continual improvement of the occupational health and safety management system [3].

For the mining industry, the expanded use of digital technologies is a promising direction. These technologies include automated monitoring of the gas environment, remote equipment control, worker positioning systems, digital registration of hazards and incidents, and analytical tools for predicting occupational risks. At the same time, it is necessary to develop a prevention-oriented safety culture involving active participation of management and workers in hazard identification, analysis of incident causes, and monitoring the effectiveness of preventive measures.

A positive example of international cooperation was the regional training organized by the International Labour Organization on 26–27 March 2026 in Karaganda on occupational safety and health in the mining sector. Representatives of workers, employers, and inspection authorities participated in the event. Particular attention was paid to improving occupational risk management and applying international labour standards, including ILO Convention No. 176 concerning Safety and Health in Mines [6].

Despite the decline in the overall level of occupational injuries, the mining industry of Kazakhstan continues to have a high level of occupational hazard. Significant areas of occupational pathology include musculoskeletal disorders, respiratory diseases associated with exposure to occupational dust, and the effects of noise and vibration. Therefore, priority tasks include reducing dust exposure, improving ventilation, reducing noise and vibration levels, modernizing equipment, optimizing work processes ergonomically, and improving medical surveillance.

Thus, further improvement of working conditions in the mining industry of the Republic of Kazakhstan requires a comprehensive approach combining government regulation, employer responsibility, medical surveillance, development of a safety culture, application of international standards, and implementation of digital technologies. The primary priority should remain the prevention of occupational diseases and injuries through the timely identification, assessment, and elimination of occupational risks.

Funding. This study was conducted within the framework of the scientific and technical program "Scientific and methodological foundations for improving the mechanisms for the detection and prevention of occupational diseases among workers employed in hazardous working conditions" (IRN BR 35237876), implemented by the Republican Research Institute for Occupational Safety and Health of the Ministry of Labour and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan and funded through program-targeted financing.

References

1. Ismailova A.A., Musina A.A., Sulejmenova R.K. i dr. Kompleksnaya gigienicheskaya ocenka uslovij truda gornorabochih, zanyatyh podzemnoj dobychej polimetallicheskoj rudy// Permskij medicinskij zhurnal.-2024.-XLI№3.-S.151-159.
2. CHebotarev A.G., Gibadulina I.YU., Goryachev N.S. Gigienicheskaya ocenka fiziko-himicheskih svojstv rudnichnogo aerozolya //Permskij medicinskij zhurnal.-2020.- S. 30–35.

3. International Labour Organization. Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems: ILO-OSH 2001. — Geneva: ILO, 2001. https://www.ilo.org/publications/guidelines-occupational-safety-and-health-management-systems-ilo-osh-2001.
4. Byuro nacional'noj statistiki Agentstva po strategicheskomu planirovaniyu i reformam Respubliki Kazahstan. O travmatizme, svyazannom s trudovoj deyatel'nost'yu, i professional'nyh zabolevaniyah v Respublike Kazahstan (2024 g.). — 2025. https://stat.gov.kz/ru/industries/social-statistics/stat-medicine/publications/485884/.
5. International Labour Organization. Mining: a hazardous work. — Geneva: ILO, 2015. Materialy MOT o professional'nyh riskah v gornodobyvayushchej promyshlennosti. https://www.ilo.org/resource/mining-hazardous-work
6. International Labour Organization. Guide to the prevention and suppression of dust in mining, tunnelling and quarrying. — Geneva: ILO. Rukovodstvo MOT po proizvodstvennoj pyli. https://www.ilo.org/resource/guide-prevention-and-suppression-dust-mining-tunnelling-and-quarrying.

REGULATORY AND LEGAL FRAMEWORK FOR THE PREVENTION OF OCCUPATIONAL DISEASES IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN IN THE CONTEXT OF INTERNATIONAL STANDARDS: A CONTENT ANALYSIS

A.B. Bekmagambetov
Candidate of Legal Sciences, Associate Professor
A.M. Rakhmetova
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
G.A. Alshynbekova
Candidate of Biological Sciences
RSE at the National Research Institute for Occupational Safety of the Ministry of Labor and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan

Occupational diseases are one of the most complex areas of regulation within the occupational safety and health system. Unlike occupational injuries, the consequences of which in many cases have a direct temporal connection with a specific event, occupational diseases may develop gradually as a result of prolonged exposure to occupational hazards. The diagnosis of such diseases requires consideration of the nature and intensity of exposure, the duration of contact with hazardous factors, the specific characteristics of the work performed, the worker’s health status, and a combination of other factors [1].

Therefore, the prevention of occupational diseases requires a comprehensive regulatory framework combining the regulation of working conditions, occupational risk assessment, medical examinations, early detection of health disorders,

occupational pathology, disease registration, investigation of their causes, and the implementation of measures to eliminate or reduce exposure to harmful occupational factors.

The International Labour Organization (ILO) considers the prevention of occupational diseases to be one of the key elements of the occupational safety and health system. In this context, particular importance is attached to ILO Recommendation No. 194 concerning the List of Occupational Diseases. The revised 2010 List of Occupational Diseases reflects the current international consensus on diseases that may be recognized as work-related and is intended, among other purposes, for use by countries in the prevention, registration, notification and, where appropriate, compensation of work-related diseases [2].

The aim of this study is to conduct a content analysis of the regulatory and legal acts of the Republic of Kazakhstan governing the prevention of occupational diseases and to assess the extent to which they comply with international standards.

The study employs the method of content analysis, understood as a qualitative and quantitative analysis of the content of documents aimed at identifying and measuring various factors reflected in these documents. The units of analysis were regulatory and legal acts of the Republic of Kazakhstan in the fields of public health and occupational safety, as well as ILO international instruments.

The international regulatory framework for the prevention of occupational diseases is primarily based on ILO instruments. Kazakhstan has ratified 26 key ILO Conventions covering occupational safety, equal opportunities, and employment. These include the Occupational Safety and Health Convention, 1981 (No. 155), ratified by Kazakhstan in 1996, and the Promotional Framework for Occupational Safety and Health Convention, 2006 (No. 187), ratified in 2025 [3, 4].

The ILO also develops technical guidelines on diagnostic criteria, occupational disease recording and notification systems, and periodically revises the List of Occupational Diseases. The content analysis of national regulatory acts made it possible to identify four levels of legal regulation.

The first level is the Code of the Republic of Kazakhstan “On Public Health and Healthcare System.” Article 108 of the Code establishes that the prevention of injuries and occupational diseases is carried out at the intersectoral level by state bodies within their respective powers, as well as by individuals and legal entities. The Code also identifies such preventive measures as minimizing the impact of occupational risk factors, identifying persons with chronic occupational diseases through screening studies, dynamic medical monitoring, and timely health improvement measures [5].

The second level is the Labour Code of the Republic of Kazakhstan. Article 51 of the Labour Code provides a legal definition of an occupational disease as “a chronic or acute disease caused by exposure to harmful and/or hazardous occupational factors while an employee performs his or her labour (official) duties” [6]. The Code also introduces the concepts of occupational risk, occupational risk management, and occupational risk assessment.

The third level consists of subordinate regulatory legal acts. The key instruments include:

Order of the Minister of Healthcare of the Republic of Kazakhstan dated December 21, 2020 No. ҚР ДСМ-301/2020 “On Approval of the Rules for the Examination to Establish the Connection of an Occupational Disease with the Performance of Labour (Official) Duties” (as amended on April 21, 2025 and August 14, 2025) [7].

Rules for Occupational Risk Management, approved by Order No. 211 of the Minister of Labour and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan dated May 28, 2026 [8].

Rules for the Investigation of Cases of Occupational Diseases and Poisoning of the Population.

The fourth level consists of departmental acts. They regulate the registration of occupational diseases, sanitary and epidemiological requirements, and the procedure for conducting medical examinations.

For the visualization of the results of the comparison between national legislation and international standards, the following comparative analysis is presented.

Table 1. Comparative analysis of the regulatory framework for the prevention of occupational diseases in the Republic of Kazakhstan and ILO international standards

Criterion	ILO international standard	National regulation in the Republic of Kazakhstan	Degree of compliance
Definition of an occupational disease	Recommendation No. 194 (List of Occupational Diseases)	Labour Code of the Republic of Kazakhstan, Article 51 — definition	Partial (absence of an exhaustive list in the law)
Intersectoral prevention	Convention No. 155 (Article 4)	Code “On Public Health and Healthcare System,” Article 108	High
Occupational risk management	Recommendation No. 194, ILO-OSH 2001	Labour Code, Article 51-2; Occupational Risk Management Rules (2026)	High
Recording and notification of occupational diseases	ILO Code of Practice	Rules for investigation and registration	Medium (digitalization is required)
Diagnostic criteria	ILO and WHO technical guidelines	Order No. ҚР ДСМ-301/2020	Medium (periodically updated)
List of occupational diseases	Recommendation No. 194 (periodically updated)	Departmental lists	Low (absence of a unified legislative list)
Mandatory social insurance	Conventions Nos. 102, 121, 187	Law on compulsory insurance against accidents	High
Participation of social partners	Convention No. 155 (Article 19)	Occupational Safety and Health Committees	High

Kazakhstan is demonstrating consistent progress toward harmonizing its national legislation with international standards. The ratification of ILO Convention No. 187 in 2025 became an important stage in this process. The adoption of the updated Occupational Risk Management Rules indicates the implementation of a systematic approach to prevention, including risk identification and assessment, development of corrective measures, control, and monitoring. Of particular importance is the integration of these procedures into the Unified System of the Social and Labour Sphere (USSL), which corresponds to current international trends in digitalization [9].

Based on the analysis conducted, the following areas for improving the regulatory and legal framework can be proposed:

Legislative establishment of a list of occupational diseases with a mechanism for its periodic updating in accordance with ILO recommendations.

Strengthening interagency coordination between the Ministry of Healthcare, the Ministry of Labour and Social Protection of the Population, and social partners.

Development of digital mechanisms for recording and monitoring occupational diseases, including the creation of a unified statistical database on workplace certification.

Improvement of diagnostic criteria and enhancement of the professional qualifications of specialists in the field of occupational pathology.

Thus, the content analysis of the regulatory and legal framework governing the prevention of occupational diseases in the Republic of Kazakhstan makes it possible to conclude that national legislation is largely consistent with key ILO international standards. The ratification of fundamental Conventions, the implementation of an occupational risk management system, and the development of digital tools provide the necessary legal basis for effective prevention.

At the same time, a number of problematic areas remain and require further improvement, including the absence of a unified legislative list of occupational diseases, low levels of registration and detection of occupational diseases, and fragmented legal regulation. Addressing these issues requires a comprehensive approach involving the harmonization of legislation, strengthening interagency cooperation, development of professional training systems, and active use of digital technologies.

The implementation of the Roadmap for Cooperation with the ILO and the forthcoming ratification of Convention No. 176 concerning Safety and Health in Mines create additional opportunities for further improvement of the national occupational disease prevention system and its integration into the international legal framework.

Funding. This study was conducted within the framework of the scientific and technical program "Scientific and methodological foundations for improving the mechanisms for the detection and prevention of occupational diseases among workers employed in hazardous working conditions" (IRN BR 35237876), implemented by the Republican Research Institute for Occupational Safety and Health of the Ministry of Labour and Social Protection of the Population of the Republic of Kazakhstan and funded through program-targeted financing.

References

1. Amanbekova A.U., Otarov E.Zh., Akynzhanova S., et al. Occupational Morbidity of the Working Population of the Republic of Kazakhstan: Analysis of Current Trends// Occupational Hygiene and Medical Ecology.-2025.-№4.-S.57-64.
2. Rekomendaciya Mezhdunarodnoj organizacii truda № 194 «O perechne professional'nyh zabolevanij» (2002). https://prg.kz/document/?doc_id=31570206
3. Konvenciya Mezhdunarodnoj organizacii truda № 155 «O bezopasnosti i gigiene truda» (1981). https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_norm/@normes/documents/normativeinstrument/wcms_c155_ru.htm
4. Konvenciya Mezhdunarodnoj organizacii truda № 187 «Ob osnovah, sodejstvuyushchih bezopasnosti i gigiene truda» (2006). https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000243
5. Kodeks Respubliki Kazahstan «O zdorov'e naroda i sisteme zdravoohraneniya» ot 7 iyulya 2020 goda № 360-VI ZRK. https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2000000360
6. Trudovoj kodeks Respubliki Kazahstan ot 23 noyabrya 2015 goda № 414-V ZRK (s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 01.07.2026 g.). https://adilet.zan.kz/rus/docs/K1500000414
7. Prikaz Ministra zdravoohraneniya Respubliki Kazahstan ot 21 dekabrya 2020 goda № ҚR DSM-301/2020 «Ob utverzhdenii pravil ekspertizy ustanovleniya svyazi professional'nogo zabolevaniya s vypolneniem trudovyh (sluzhebnyh) obyazannostej» (s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 01.09.2025 g.). https://prg.kz/document/?doc_id=39758835
8. Prikaz Ministra truda i social'noj zashchity naseleniya Respubliki Kazahstan ot 28 maya 2026 goda № 211 «Ob utverzhdenii Pravil upravleniya professional'nymi riskami». https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021197
9. O ratifikacii Konvencii ob osnovah, sodejstvuyushchih bezopasnosti i gigiene truda (Konvenciya 187): Zakon Respubliki Kazahstan ot 24 yanvarya 2026 goda. https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000243

SECTION: OIL AND GAS TECHNOLOGIES, ENGINEERING AND THERMAL POWER ENGINEERING

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПАРИ «ЦИЛІНДР–ПЛУНЖЕР» ШТАНГОВОГО СВЕРДЛОВИННОГО НАСОСА

Гатич Назарій
здобувач вищої освіти
Джус Андрій
д.т.н., професор
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Україна

Вступ

Надійність роботи механізованого фонду нафтодобувних свердловин значною мірою визначається технічним станом штангових свердловинних насосів (ШСН). Одним із найбільш відповідальних та вразливих вузлів насоса є пара «циліндр–плунжер». У процесі експлуатації внаслідок абразивного зношування, корозійного впливу робочого середовища та геодезичних відхилень поверхонь відбувається збільшення кільцевого зазору між циліндром і плунжером. Це призводить до зростання зворотного перетікання рідини з області високого тиску в область низького тиску – явища, яке в сучасній науковій літературі часто позначається як slippage.

З іншого боку, наявність зазору є необхідною умовою функціонування насоса, оскільки він забезпечує змащування контактних поверхонь, запобігає заклинюванню та забезпечує проходження дрібних механічних домішок і газу. Окремі джерела вказують, що рекомендований технологічний зазор для справних пар становить приблизно 0,076–0,203 мм. Надмірне ж його зростання супроводжується втратою об'ємного ККД насоса. Враховуючи міждисциплінарний характер сучасного машинобудування, розробка та автоматизація методик гідравлічних випробувань пар «циліндр–плунжер» на спеціалізованих випробувальних стендах є актуальним завданням для забезпечення якості ремонту та сервісного обслуговування ШСН.

Метою роботи є розробка та аналіз математичного алгоритму розрахунку падіння тиску у випробувальній системі для оцінки технічного стану пари «циліндр–плунжер» ШСН залежно від величини зазору та умов проведення випробування.

Для досягнення мети поставлено такі завдання:

1. Формалізувати фізичну суть гідродинамічних процесів перетікання рідини у вузькому кільцевому каналі.

2. Розробити алгоритм розрахунку динаміки зміни проміжного тиску в середовищі Microsoft Excel.

3. Проаналізувати вплив конструктивно-технологічних і експлуатаційних факторів (температури, об'єму системи, зазору, положення плунжера) на криві падіння тиску.

Метод та математична модель дослідження

Фізична суть методу оцінки витоків полягає в тому, що за величиною перетікання рідини через кільцевий зазор можна непрямо оцінити технічний стан пари циліндр–плунжер. Якщо зазор відповідає допустимим межам, витоки залишаються обмеженими і не спричиняють значної втрати подачі. Якщо ж зазор збільшується внаслідок зношування, корозійного пошкодження, появи подряпин або погіршення геометричної форми поверхонь, опір руху рідини через кільцевий простір зменшується, а витоки зростають. У результаті частина рідини не піднімається у насосно-компресорні труби, а повертається назад у робочу камеру насоса.

У дослідженні витоків через кільцевий зазор виділяють два основні механізми руху рідини: течію Пуазейля і течію Куетта. Течія Пуазейля виникає під дією перепаду тиску на кінцях плунжера. У цьому випадку рідина рухається від зони більшого тиску до зони меншого тиску. Течія Куетта виникає внаслідок руху плунжера відносно циліндра, коли рухома поверхня плунжера захоплює прилеглі шари рідини. У роботі [1] зазначено, що витоки у кільцевому просторі формуються внаслідок спільної дії цих двох механізмів: перепаду тиску та руху плунжера.

Для оцінки витоків через зазор важливе значення має те, що гідравлічний опір вузького кільцевого каналу дуже чутливий до величини зазору. У висвітлених в [1] та [2] дослідженнях вказано, що для в’язкої рідини у вузькому кільцевому каналі перепад тиску або витрата пов’язані із зазором залежністю, близькою до кубічної. Тобто навіть невелике збільшення зазору може спричинити суттєве зростання витоків.

У спрощеному вигляді витрату рідини через кільцевий зазор можна представити залежністю

$$Q = C \cdot \frac{\Delta P \cdot h^3}{\gamma \cdot \rho \cdot L} \quad (1)$$

де ΔP – перепад тиску на кінцях плунжера; h – величина зазору; γ – кінематична в'язкість рідини; ρ – густина робочої рідини; L – довжина плунжера; C – конструктивний коефіцієнт.

З цієї залежності видно, що найбільший вплив на витоки має саме величина зазору, оскільки вона входить у залежність у третьому степені. Перепад тиску збільшує інтенсивність витікання, а більша в’язкість рідини і більша довжина плунжера, навпаки, зменшують витоки. Таким чином, при однаковому тиску і однаковій робочій рідині зношена пара циліндр–плунжер буде характеризуватися більшою інтенсивністю перетікання.

Окремо слід враховувати ексцентричність положення плунжера у циліндрі. У реальних умовах плунжер не завжди розташовується строго співвісно відносно циліндра. Через це зазор по колу стає нерівномірним: з одного боку він

зменшується, а з іншого – збільшується. У роботі [1] зазначено, що ексцентриситет плунжера істотно впливає на в'язку течію у кільцевому просторі та на відповідні витоки. Це важливо, оскільки навіть при однаковому середньому зазорі фактична пропускна здатність пари може змінюватися залежно від положення плунжера.

З точки зору розроблення методу випробування ШСН, оцінка витоків через кільцевий зазор має декілька переваг. По-перше, вона безпосередньо пов'язана з основним контрольованим параметром пари циліндр-плунжер та величиною зазору. По-друге, вона дозволяє врахувати реальну гідравлічну поведінку пари під дією тиску.

Разом з тим метод оцінки витоків має певні обмеження. Його точність залежить від правильності визначення в'язкості робочої рідини, температури, фактичної довжини зони ущільнення, герметичності клапанів, наявності повітря у системі та стабільності вимірювальної апаратури. Крім того, реальний зазор може бути нерівномірним через зношування, овальність, конусність або ексцентричне положення плунжера.

Метою розроблення на основі [2] розрахункового алгоритму є автоматизація математичного аналізу випробування. Розрахунковий алгоритм призначений для визначення проміжного тиску в системі у задані моменти часу з урахуванням геометричних параметрів насоса, властивостей робочої рідини, початкового тиску випробування, об'єму рідини у системі та величини зазору між циліндром і плунжером. Його використання дозволяє дослідити, як зміна зазору впливає на швидкість падіння тиску, а також порівняти результати для різних груп посадки пари циліндр–плунжер.

Основна ідея алгоритму полягає у послідовному розрахунку витоків рідини через кільцевий зазор і відповідного зменшення тиску в системі на кожному часовому кроці. Таким чином, формується залежність

$$P_{пр} = f(t) \quad (2)$$

де $P_{пр}$ – проміжний тиск у випробувальній системі, а t – час його падіння.

Розроблений алгоритм реалізовано у середовищі Microsoft Excel, що дозволяє виконувати розрахунки у табличній формі, швидко змінювати вихідні параметри, порівнювати декілька варіантів розрахунку та будувати графічні залежності. Це забезпечує зручність використання алгоритму при проведенні аналітичних досліджень і підготовці результатів для подальшого аналізу.

Для реалізації розрахункового алгоритму необхідно задати вихідні дані, які характеризують геометрію штангового свердловинного насоса, властивості робочої рідини, параметри зазору пари циліндр-плунжер та умови проведення гідравлічного випробування. Усі вихідні величини вносяться у відповідні блоки розрахункової таблиці Microsoft Excel, після чого автоматично переводяться у систему СІ та використовуються у подальших обчисленнях.

Результати досліджень та їх застосування

Розроблена математична модель може використовуватися не лише для визначення проміжного тиску в один заданий момент часу, але й для проведення більш широкого аналітичного дослідження процесу випробування штангового

свердловинного насоса. Її застосування дозволяє оцінювати вплив окремих параметрів на характер падіння тиску та визначати розрахункові діапазони, які можуть бути використані під час практичного контролю технічного стану пари циліндр–плунжер.

Одним із напрямів використання моделі є порівняння результатів випробування при різних температурах робочої рідини. Зміна температури впливає на в'язкість рідини, а отже і на інтенсивність її витікання через кільцевий зазор. При підвищенні температури в'язкість рідини зменшується, тому опір руху через зазор стає меншим, а падіння тиску відбувається швидше. При нижчих температурах в'язкість зростає, що зменшує витоки і сповільнює падіння тиску. Таким чином, врахування температури є важливим для підвищення достовірності результатів випробування

Другим важливим напрямом застосування моделі є визначення розрахункових діапазонів падіння тиску для різних значень зазору пари циліндр-плунжер (рис. 1). Для кожної групи посадки можна задати мінімальне і максимальне значення зазору та побудувати відповідні криві падіння тиску. У результаті формується діапазон, у межах якого повинна знаходитися крива падіння тиску для справної пари, що відповідає заданій групі посадки.

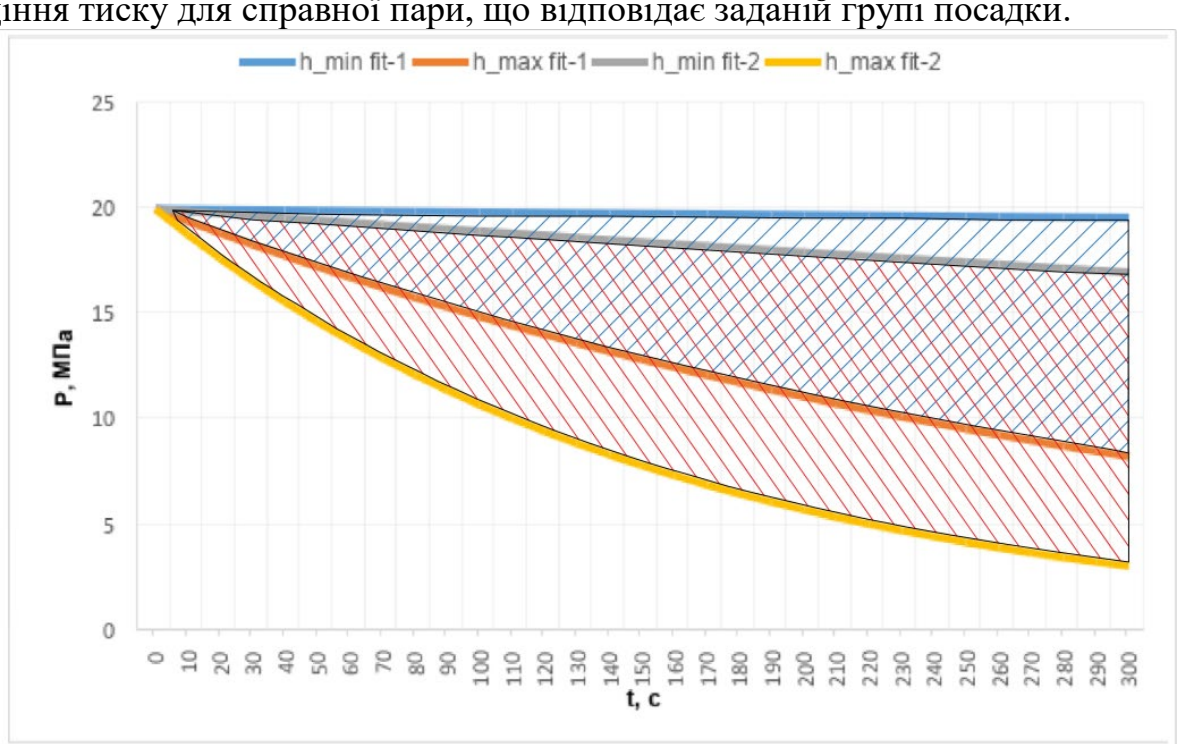


Рисунок 1 – Графік діапазонів падіння тиску fit-1, fit-2

Якщо фактична крива падіння тиску під час випробування знаходиться між розрахунковими кривими для мінімального і максимального допустимого зазору, то технічний стан пари циліндр-плунжер можна вважати таким, що відповідає заданій групі посадки. Якщо ж тиск падає швидше, ніж це передбачено для максимального допустимого зазору, це може свідчити про збільшені витоки, зношування робочих поверхонь або порушення герметичності системи. Якщо падіння тиску відбувається повільніше за розрахункову криву для мінімального зазору, це може вказувати на інші фактори, зокрема підвищену

в’язкість рідини, неточність вихідних даних або відмінність фактичних умов випробування від розрахункових.

Перевагою такого підходу є можливість не тільки оцінювати окреме значення тиску, але й аналізувати весь характер його зміни в часі. Це дає змогу використовувати математичну модель для порівняння різних груп посадки, вибору раціонального часу спостереження, визначення чутливих інтервалів випробування та формування критеріїв оцінки технічного стану пари циліндр-плунжер.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що математична модель дозволяє попередньо визначити очікуваний характер падіння тиску для справної пари циліндр-плунжер. Це дає змогу сформувати контрольні межі, з якими у подальшому можна порівнювати результати реального випробування. Якщо фактична крива знаходиться в межах розрахункового діапазону, стан пари можна вважати допустимим. Якщо крива виходить за межі допустимої області, необхідно перевірити стан зазору, герметичність системи, властивості рідини та правильність проведення випробування.

Окрему роль відіграє об’єм випробувальної системи. Чим більший об’єм рідини знаходиться під тиском, тим повільніше змінюється тиск при однаковій величині витоку. Якщо фактичний об’єм системи визначений неправильно, розрахункова крива падіння тиску буде зміщена відносно реального результату. Особливо це важливо для невеликих об’ємів, коли навіть незначна похибка у їх визначенні може суттєво вплинути на час падіння тиску. Тому при розрахунку необхідно враховувати не тільки внутрішній об’єм насоса, але й додатковий технічний об’єм трубопроводів, штуцерів, трійників, манометрів та інших елементів стенда.

Об’єм рідини у випробувальній системі змінюється залежно від того, у верхньому чи нижньому положенні знаходиться плунжер. Крім того, при різному положенні плунжера може змінюватися довжина ділянки, через яку відбувається витікання, а також характер заповнення внутрішніх порожнин насоса. Тому положення плунжера має бути заданим і повторюваним для всіх випробувань.

Повітря в системі має значно більшу стисливість порівняно з рідиною, тому навіть невелика його кількість може спотворити характер падіння тиску. У такому випадку частина зміни тиску буде пов’язана не тільки з витіканням рідини через зазор, але й зі стисканням або розширенням повітряних включень.

Висновки

Сформовано математичну модель гідродинамічних процесів у вузькому кільцевому каналі пари «циліндр–плунжер» ШСН, яка враховує кубічну залежність витоків від величини зазору, перепад тиску, фізичні властивості рідини (кінематичну в'язкість і густину) та геометричні характеристики ущільнення.

Розроблено та реалізовано в середовищі MS Excel розрахунковий алгоритм для автоматизованого моделювання динаміки падіння тиску у випробувальному стенді. Показово, що побудова розрахункових кривих падіння тиску для

мінімального та максимального граничних зазорів обраної групи посадки (наприклад, fit-1) дозволяє сформувати чітку контрольну область для аналізу придатності та оцінки технічного стану насосної пари.

Проаналізовано вплив експлуатаційних факторів на процес діагностування та обґрунтовано необхідність жорсткої стабілізації умов випробування: дотримання температурного режиму, видалення нерозчиненого повітря, фіксації плунжера в заданому положенні та точного врахування додаткового паразитного об'єму елементів стенда (штуцерів, манометрів, трубопроводів).

Список використаних джерел

1. Wang S., Brasher C., Tran J., Kalaba P., Criss T. On Sucker Rod Pump Systems with Data Analysis. Applied Mechanics. 2026. Vol. 7, No. 1. Article 25. DOI: https://doi.org/10.3390/applmech7010025

2. Джус А.П., Касаткін С.В., Гатич Н.А. Вдосконалення методу оцінки технічного стану штангових свердловинних насосів. Challenges and Opportunities in Modern Scientific Research: Collection of Scientific Papers “International Scientific Unity” with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. February 19-21, 2025. Ivano-Frankivsk, Ukraine. 203-206 p. URL: https://isu-conference.com/en/archive/challenges-and-opportunities-in-modern-scientific-research-19-02-25/

SECTION: PEDAGOGY, PHILOLOGY AND LINGUISTICS

ПСИХОГІГІЄНІЧНІ ОСНОВИ ЗДОРОВ'ЯЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ

Романів Людмила
к. мед.н, доцент
Пішак Ольга
д. мед.н, професор
Кафедра терапії, реабілітації та здоров'язбережувальних технологій
ЧНУ ім. Ю. Федьковича, Україна

Розвиток та стан здоров'я дітей і підлітків нерозривно пов'язані з якістю освітнього процесу, з обсягом навчального навантаження, способами організації процесів навчання та виховання, і навіть із умовами, в яких вони протікають. Серед факторів, що впливають на стан здоров'я дітей та підлітків, найважливішими є умови внутрішньо-шкільного середовища. Тому здоров'язберігаюча спрямованість модернізації сучасної шкільної освіти зближує інтереси педагогів, медиків та психологів [1; 3].

Проблеми збереження та зміцнення здоров'я студентської молоді, яка відзначається наявністю особливого соціального статусу, специфічних умов навчальної діяльності, особливостей побуту та способу життя, і, отже, суттєво відрізняється від інших категорій населення, незаперечно, перебувають в центрі пріоритетних проблем сучасної медичної науки і практики.

Одним із основних завдань сучасної профілактичної медицини у контексті реалізації основних положень нової редакції Закону про вищу освіту (2014) слід вважати збереження та зміцнення здоров'я студентської молоді, підвищення рівня адаптаційних можливостей організму, соціальної і професійної дієздатності юнаків і дівчат, які навчаються, що передбачає ефективне проведення соціально-гігієнічного моніторингу і, отже, збирання адекватної інформації щодо стану здоров'я та навколишнього середовища, вивчення соціальних, екологічних та гігієнічних умов перебування і, передусім, умов виховання та навчання сучасних студентів, виділення критичних періодів розвитку та провідних чинників ризику, які справляють негативний вплив, розробка та обґрунтування профілактичних, здоров'язберігаючих за своїм змістом, технологій з метою запобігання або зниження ступеня їх несприятливої дії [2; 5].

Наукове обґрунтування підходів до збереження та зміцнення здоров'я сучасної молоді, підвищення рівня адаптації до ефективного виконання професійної діяльності неодмінно мають передбачати збалансоване поєднання традиційних і нетрадиційних методів впливу на стан адаптаційних можливостей організму, запровадження різноманітних методів раціональної організації

повсякденної діяльності, пошук найбільш доцільних засобів корекції функціональних можливостей студентів, у структурі яких важливе місце повинно належати засобам психогігієнічного змісту [3]. У зв'язку з цим, важливим слід визнати проведення поглибленої гігієнічної оцінки особливостей організації навчального процесу у вищому навчальному закладі і позанавчальної діяльності та визначення медико-соціальних аспектів процесів формування адаптаційних можливостей організму сучасних студентів, розробку ефективних здоров'язберігаючих технологій, розгляд та аналіз їх окремих аспектів, у тому числі психогігієнічних компонентів.

На сьогоднішній день не визначене місце психогігієнічних компонентів у структурі сучасних здоров'язберігаючих технологій, не здійснена прогностично значуща гігієнічна оцінка основних режимних елементів повсякденної навчальної і позанавчальної діяльності, рівня навчальної адаптації та стану адаптаційних можливостей організму, не проведена психогігієнічна оцінка процесів формування психофізіологічних функцій та особливостей особистості юнаків і дівчат, а також не встановлені особливості зв'язку та взаємозалежності характеристик рівня розвитку провідних психофізіологічних функцій, особливостей особистості і показників стану здоров'я студентів різних курсів як детермінант розроблення здоров'язберігаючих технологій [4;5] .

Світова практика свідчить про високу ефективність такого напрямку здоров'язберігаючої технології, як забезпечення здорового способу життя – системи мислення, поведінки і стилю життя, спрямованих на збереження і зміцнення здоров'я, забезпечення нормального фізичного і нервово-психічного розвитку, високого рівня працездатності, та профілактику захворювань. Складовими частинами способу життя є його медико-біологічні, соціально-психологічні та соціально-економічні компоненти або параметри. Заходи щодо формування здорового способу життя студентів базуються на наступних принципах: наближення рівня здоров'я до суспільного необхідного значення; культивування за допомогою засобів масової інформації «моди на здоров'я»; підвищення культури здоров'я за допомогою активного гігієнічного тренінгу включення профілактичних програм у структуру навчального процесу з урахуванням індивідуальних психологічних особливостей. Важливою складовою частиною здорового способу життя студентів є профілактика шкідливих звичок. Своєрідність способу життя студентів пов'язане з професійною спрямованістю навчання та гендерними тенденціями [6].

Негативно впливають на здоров'я студентів такі чинники як надлишкова нервово-емоційна напруженість, щоденні стреси, перенавантаженість, нераціональне харчування, нездорова екологія і інші. Одним із найвагоміших факторів збереження й розвитку здоров'я студентів є ефективно організований педагогічний процес і коректне використання педагогічних технологій з точним дотриманням технологічного процесу [7]. Урахування психологічних і психофізіологічних особливостей вихованців, продуманий режим навчання з рівномірним навчальним навантаженням і прийнятним розкладом занять, відповідна морально-психологічна атмосфера на заняттях слід вважати необхідними умовами підтримки здоров'я.

Останнім часом у ряді випадків, як правило, порушуються санітарно гігієнічні вимоги щодо організації режиму і умов навчання, що збільшують розумово-емоційне навантаження на всіх етапах навчання, яке у свою чергу негативно впливає на стан здоров'я, функціональний і психоемоційний стан, організму, зменшуючи рівень розумової працездатності студентів та ступінь успішності їх навчання.

Пошук адекватних підходів до збереження здоров'я сучасної молоді, підвищення ефективності виконання професійної діяльності неодмінно має передбачає збалансоване поєднання традиційних і нетрадиційних методів впливу на стан функціональних можливостей організму, запровадження різноманітних методів раціональної організації повсякденної діяльності, пошук найбільш доцільних засобів корекції функціональних можливостей студентів, у структурі яких важливе місце повинно належати засобам психогігієнічного змісту.

Дані аналітичного огляду сучасної наукової літератури переконливо засвідчують той факт, що питання щодо наукового обґрунтування підходів до збереження та зміцнення здоров'я сучасної молоді, запровадження ефективних здоров'язберігаючих технологій, підвищення рівня адаптації їх організму до ефективного виконання навчальної професійно-орієнтованої діяльності у сучасних закладах вищої освіти мають передбачати збалансоване поєднання традиційних і нетрадиційних методів впливу на стан адаптаційних можливостей організму, запровадження різноманітних методів раціональної організації повсякденної діяльності, пошук доцільних засобів корекції функціональних можливостей студентів, у структурі яких важливе місце повинно належати засобам психогігієнічного змісту [8]. Проте, на сьогоднішній день, не визначене місце психогігієнічних компонентів у структурі сучасних здоров'язберігаючих технологій, відсутні дані відносно прогностично-значущої гігієнічної оцінки основних режимних елементів повсякденної навчальної і позанавчальної діяльності, рівня навчальної адаптації і стану адаптаційних можливостей організму, не проведена психогігієнічна оцінка процесів формування психофізіологічних функцій та особливостей особистості юнаків і дівчат на різних етапах навчання, не встановлені особливості зв'язку та взаємозалежності характеристик рівня розвитку психофізіологічних функцій, особливостей особистості і показників стану здоров'я студентів різних курсів як детермінант розроблення здоров'язберігаючих технологій тощо. У зв'язку з цим, наукове дослідження, метою якого є розроблення та наукове обґрунтування психогігієнічних основ використання здоров'язберігаючих технологій у вищих навчальних закладах, слід вважати надзвичайно актуальним, сучасним і своєчасним для гігієнічної науки, профілактичної медицини загалом.

Список використаних джерел

1. Сергета І. В., Стоян Н. В., Панчук О. Ю. Гігієнічна оцінка особливостей соціально-і житлово побутових умов життя студентів, які навчаються у вищих навчальних закладах медичного профілю. Вісник морфології. 2015. Т. 21, № 2. С. 454–457.

2. Університетська гігієна на сучасному етапі: проблемні питання та перспективи розвитку / І. В. Сергета та ін. Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (Одинадцяті Марзєєвські читання): зб. тез доп. наук.-практ. конф. (м. Івано-Франківськ, 2015 р.). Івано-Франківськ, 2015. С. 326–328.
3. Мондич О. Проблема формування здоров'язбережувальної компетентності майбутніх учителів початкової школи. Педагогічна освіта: теорія і практика: зб. наук. пр. / Кам'янець-Поділ. нац. ун-т ім. І. Огієнка, Ін-т педагогіки НАПН України. Київ : Міленіум, 2020. Вип. 28 (1-2020). С. 319–331.
4. Шукатка О. В. Нормативно-правова база України щодо сприяння здоров'язбереження молоді. Науковий вісник Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. Педагогічні науки. 2018. № 3 (2). С. 353–358.
5. Стоян Н. В. Наукове обґрунтування психогігієнічних основ здоров'язберігаючих технологій у вищих навчальних закладах: дис. ... канд. мед. наук: 14.02.01. Вінниця, 2016. 235 с.
6. Романів Л., Пішак О. Здоров'язбережувальні технології в освіті. Грааль науки. 2024. № 35. С. 561–563.
7. Романів Л. В., Пішак О. В. Актуальність вивчення та впровадження здоров'язбережувальних технологій у системі освіті. Pedagogical activity, contemporary art and philology: main aspects of human development as an individual: collective monograph / by Y. Bozhko, etc. Boston: Primedia eLaunch, 2025. P. 100–120.
8. Романів Л., Пішак О. Створення здоров'язбережувального освітнього середовища у вищому навчальному закладі. Фізична культура і спорт: досвід та перспективи : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конференції (3-5 квітня 2025 р., м. Чернівці) / за ред. Ю. Ю. Мосейчука. Чернівці: Чернівец. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2025. С. 97–100.

DIGITALIZATION VECTORS IN JAPANESE LEARNING

Medvedieva Kseniia
Teacher
Department of the Japanese Language and Translation
Faculty of Oriental Languages
Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University,
Kyiv, Ukraine

Nowadays, we are all witnessing how society is transforming through the prism of digitalization. Digital technologies are gradually being integrated into the process of foreign language learning as a major component of education. Accordingly, there is growing interest in studying and thoroughly investigating the role and approaches of digital education, its advantages and disadvantages, as well as its prospects.

We decided to analyze in greater detail the vectors of digitalization in the process of learning the Japanese language. We identified artificial intelligence, multimedia,

virtual reality, mobile applications, blogs, and streams as the main areas of focus—in other words, everything that is currently available to learners in the modern world.

Having analyzed current research and drawing on our own observations, we came to the conclusion that an obvious advantage of learning with the use of electronic and digital resources is the possibility of creating a safe learning environment that can be adapted to students' preferences and abilities. It is an environment in which learners can freely develop and improve their language competence skills. Researchers have also noted that psychological safety contributes to reducing the level of language anxiety, the ways of overcoming which are being explored worldwide [1, p. 37].

The digital learning process ensures continuity in Japanese language learning in any unpredictable situation of the present day [2, p. 207]. When it becomes impossible to conduct classes in a traditional classroom setting, online learning can serve as an effective solution.

Li, Y., Zou, H., Xu, J., Chen, D., Zhou, Y., & Liu, Y., using modern equipment, investigated the impact of incorporating artificial intelligence into the educational process. They found that the use of AI contributes to the effectiveness of foreign language learning and the acquisition of linguistic and cultural content. Positive results were also observed in the development of skills that learners can apply in their everyday lives and professional activities [3, p. 20].

It is also worth emphasizing the invaluable role of mobile applications in preparing for the Japanese-Language Proficiency Test (JLPT).

Despite the fact that artificial intelligence can create adaptive learning materials and digitalization generally makes the learning process more engaging, excessive use of digital resources may lead to a decline in students' oral interaction, both with one another and with the teacher [4, p. 200]. Certainly, modern education should be adapted to the requirements, expectations, and needs of today's students, modernized through the integration of online learning, and the advantages of digital technologies should be utilized [5, p. 10]. In other words, learners should be encouraged to engage in self-directed learning through digital tools. However, in our view, a teacher-guided Japanese language learning process should remain the foundation of education.

Thus, we identify the following advantages of digitalization in Japanese language learning: interactivity, immediate feedback, engaging and personalized content, a comfortable learning environment, self-directed learning, improvement of Japanese language skills and abilities, additional practice of core learning material, the opportunity to monitor progress, and the ability to achieve established learning goals. At the same time, it is important to maintain a balance between learning in the digital environment and learning in the classroom [1, pp. 37–40]. It should also be remembered that the health of learners must be taken into account. The use of digital technologies can, to some extent, lead to a decrease in physical activity.

To summarize, technologies have a positive impact on the process of learning Japanese by creating a personalized, independent, engaging, accessible, interactive, and comfortable learning environment in which the level of anxiety is reduced. At the same time, prolonged exposure to the online environment, in our opinion, may negatively affect psychological and physical health, have an adverse impact on

socialization, and potentially produce a counterproductive effect during face-to-face communication. We are convinced that elements of non-digital Japanese language learning should not be completely abandoned. A balanced and well-considered approach is essential in all aspects of education.

References

1. Hulich, O., & Chetveryk, V. (2026). Reducing foreign language anxiety as a component of a health-preserving educational environment in the conditions of social challenges. New Collegium, 2(122), 36–45. https://doi.org/10.34142/nc.2026.2.36
2. Sasanti, N. (2022). Japanese Language Learning Consistency in the Digital Era. Jurnal Lingua Idea, 13(2), 207-219. doi:10.20884/1.jli.2022.13.2.6325
3. Li, Y., Zou, H., Xu, J., Chen, D., Zhou, Y., & Liu, Y. (2026). The impact of AI on Japanese language education: a hybrid model for student behavior detection. Scientific reports, 16(1), 11140. https://doi.org/10.1038/s41598-026-40262-7
4. Gu, C., Wang, J., Li, T., & Liu, Z. (2024). Research on instructional design and evaluation of Japanese-Language MOOCs for the digital age. Education and Lifelong Development Research, 1(4), 192–203. https://doi.org/10.46690/elder.2024.04.04
5. Jiang, Tingting, Research and Analysis on Japanese Teaching Mode of Online Education under Multimedia Network Environment, Mobile Information Systems, 2022, 4821034, 11 pages, 2022. https://doi.org/10.1155/2022/4821034

УЧЕНЬ ЯК ТВОРЕЦЬ AR-КОНТЕНТУ В СЕРЕДНІЙ ШКОЛІ: ПРОЄКТНЕ НАВЧАННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ЦИФРОВИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ

Задачин Гліб Сергійович
аспірант
Кафедра педагогіки, іноземної філології та перекладу
Харківський національний економічний університет
імені Семена Кузнеця, Україна

Цифровізація вищої освіти суттєво змінює характер взаємодії між учасниками освітнього процесу та актуалізує проблему формування комунікативної компетентності здобувачів освіти. Поширення дистанційного та змішаного навчання створює нові можливості для організації комунікації, однак традиційні цифрові інструменти не завжди забезпечують достатній рівень інтерактивності, залученості та змістовної взаємодії. Особливої актуальності набуває пошук педагогічних рішень, які поєднують технологічні можливості цифрового середовища з методами активної комунікативної діяльності.

Комунікативна компетентність розглядається як інтегративна характеристика особистості, що забезпечує здатність ефективно здійснювати міжособистісну, академічну та професійну взаємодію. Її формування у вищій освіті має специфічні особливості, пов’язані з професійною спрямованістю

підготовки, високим рівнем автономності здобувачів освіти, необхідністю аргументувати власну позицію, брати участь у дискусіях, працювати в команді та вирішувати проблемні ситуації.

Сучасні інтерактивні цифрові платформи забезпечують можливості синхронної й асинхронної комунікації, організації групової діяльності, спільного виконання завдань, дискусій та системного зворотного зв'язку. Їх використання сприяє розвитку навичок аргументації, презентації власної позиції та колаборативної діяльності. Водночас сам факт використання цифрової платформи не гарантує змістовної комунікативної взаємодії. За відсутності відповідного педагогічного дизайну така комунікація може залишатися формальною та обмежуватися короткими відповідями або репродуктивною діяльністю.

Перспективним напрямом подолання зазначених обмежень є використання імерсивних технологій, зокрема доповненої реальності (AR). Вона дозволяє інтегрувати цифрові об'єкти у фізичне середовище здобувача освіти, підвищувати наочність навчального матеріалу та моделювати ситуації, наближені до реальних професійних умов. Дослідження доповненої реальності засвідчують її потенціал для підвищення залученості та активізації пізнавальної діяльності [1]. Однак використання AR саме для розвитку комунікативної компетентності залишається недостатньо дослідженим.

У зв'язку з цим доцільним є не ізольоване застосування окремих цифрових засобів, а інтеграція можливостей доповненої реальності та інтерактивних цифрових платформ у межах єдиного освітнього середовища. Інтерактивні платформи забезпечують організацію комунікації та колаборативної діяльності, тоді як засоби AR створюють імерсивний контекст, у якому така комунікація набуває практичної та професійно орієнтованої спрямованості.

Теоретико-методологічною основою такого підходу виступає поєднання компетентнісного, діяльнісного та системного підходів. Компетентнісний підхід спрямовує освітній процес на здатність практично застосовувати знання й уміння у реальних комунікативних ситуаціях. Діяльнісний підхід передбачає активне залучення здобувачів до виконання практичних завдань, дискусій, співпраці та спільного вирішення проблем. Системний підхід дозволяє розглядати технологічні, педагогічні та комунікативні складові як взаємопов'язані елементи єдиного освітнього процесу.

Важливе методологічне значення також мають сучасні моделі інтеграції технологій у навчання. Модель TPACK акцентує увагу на взаємозв'язку технологічного, педагогічного та змістового знання [2]. Модель ICAP пов'язує ефективність навчання з рівнем активності здобувачів і передбачає перехід від пасивного сприйняття інформації до конструктивної та інтерактивної взаємодії [3]. Використання таких моделей підтверджує необхідність розглядати цифрові технології не як самоціль, а як інструмент досягнення конкретних педагогічних результатів.

На основі зазначених положень запропоновано інтегративну модель формування комунікативної компетентності здобувачів вищої освіти, що включає технологічний, педагогічний і комунікативний компоненти.

Технологічний компонент охоплює інтерактивні цифрові платформи та засоби доповненої реальності. Педагогічний компонент передбачає використання дискусій, проєктної діяльності, кейсів, проблемно орієнтованих і колаборативних завдань. Комунікативний компонент спрямований безпосередньо на розвиток навичок аргументації, ведення діалогу, групової взаємодії та спільного прийняття рішень.

Практична реалізація моделі передбачає створення навчальних сценаріїв, у яких цифрові технології використовуються для організації активної взаємодії. Засоби доповненої реальності можуть застосовуватися для моделювання професійно орієнтованих ситуацій, що потребують від здобувачів аналізу інформації, обговорення альтернатив, аргументації власної позиції та прийняття спільних рішень. Інтерактивні платформи при цьому забезпечують середовище для синхронної та асинхронної комунікації, взаємооцінювання та зворотного зв'язку.

До основних педагогічних умов ефективної реалізації запропонованої моделі віднесено високий рівень інтерактивності освітнього середовища, персоналізацію навчання, імерсивність, педагогічну доцільність застосування цифрових інструментів та системний зворотний зв'язок. Принципово важливим є те, що результат залежить не лише від технологічних характеристик застосованих засобів, а й від способу їх включення у структуру навчальної діяльності.

Наукова новизна запропонованого підходу полягає у цілісному поєднанні доповненої реальності та інтерактивних цифрових платформ для формування саме комунікативної компетентності здобувачів вищої освіти. На відміну від фрагментарного використання окремих цифрових інструментів, запропонована модель передбачає їх функціонування в межах єдиної дидактичної системи, у якій технологічні можливості підпорядковані розвитку комунікативної взаємодії.

Отже, інтеграція інтерактивних цифрових платформ і засобів доповненої реальності створює перспективні умови для розвитку комунікативної компетентності здобувачів вищої освіти. Поєднання інтерактивності та імерсивності дозволяє переходити від репродуктивних форм цифрової комунікації до активної взаємодії, дискусії, співпраці та моделювання професійних ситуацій. Подальші дослідження мають бути спрямовані на експериментальну перевірку ефективності запропонованої моделі в реальному освітньому процесі.

Список використаних джерел

1. Azuma R. T. A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments. 1997. Vol. 6, No. 4. P. 355–385.
2. Mishra P., Koehler M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. Teachers College Record. 2006. Vol. 108, No. 6. P. 1017–1054.
3. Chi M. T. H., Wylie R. The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. Educational Psychologist. 2014. Vol. 49, No. 4. P. 219–243.
4. Биков В. Ю., Спірін О. М., Семеріков С. О. Хмароорієнтовані технології в освіті. Київ : НАПН України, 2021. 256 с.
5. Morze N., Hlazunova O. Digital Competence in Education: Trends and Perspectives. Information Technologies in Education. 2022. No. 50. P. 10–20.

SECONDARY TEXT PRODUCTION IN TECHNICAL ESP

Tsepkalo Oleksii
Ph.D., Associate Professor
Department of English for Engineering №2
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Ukraine

Students of engineering specialties frequently deal with scientific and technical literature. At the National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", bachelor students use such sources while preparing laboratory reports, coursework assignments, and final qualification papers. In practice, reading is only one part of the task. Students are also expected to prepare abstracts, annotations, summaries, and other forms of secondary texts. These activities require much more than simple reproduction of information. Classroom experience suggests that understanding a text does not necessarily mean being able to retell it effectively. Many students pay attention to examples and technical details but overlook the main ideas. Others tend to copy fragments from the original source and replace only a few words. Attempts to simplify information may also lead to inaccuracies. As a result, a noticeable gap often appears between reading and writing skills.

Research has repeatedly pointed to the close relationship between these two areas. However, producing a summary or a paraphrase is not merely a matter of transferring information from one form to another. Students have to decide what information deserves attention, what can be omitted, and how ideas should be arranged. Genre conventions, communicative purpose, and audience expectations influence these decisions. Hyland (2004) argues that such aspects should be taught explicitly.

Swales (1990) demonstrated that academic texts possess relatively stable patterns. A research abstract usually contains several functional elements, including background information, research objectives, methodology, results, and conclusions. Familiarity with this structure helps students identify important information in longer texts. Similar principles can be applied to technical reports, project descriptions, and patent summaries. Model texts provide useful material for discussion because they allow students to compare different approaches and identify successful writing practices.

At the initial stage, highly structured tasks are often effective. Students may be asked to answer guiding questions and then organise their answers into a short summary. In this case, feedback should focus not only on language accuracy but also on content selection and logical organisation. Repeated practice with texts belonging to different genres gradually develops the necessary skills.

Particular attention should be paid to paraphrasing. Excessive dependence on the original wording remains one of the most common problems. Students need practical strategies rather than general recommendations. Lexical substitution, changes in sentence structure, and combining or separating ideas are among the techniques that can be practised in class. They also need to understand situations in which direct quotation is more appropriate than paraphrasing. Authentic materials and peer review

activities may contribute to this process. A more demanding task involves synthesising information from several sources. Such work resembles situations that engineers encounter when preparing literature reviews or describing the background of a project. Students learn to compare information, identify similarities and differences, and combine ideas without losing coherence. These abilities become particularly important during the preparation of bachelor theses.

An additional effect of secondary text production is the development of critical reading. Students gradually become less dependent on the authority of a single source. They begin to evaluate relevance, notice inconsistencies, and recognise gaps in available information. Similar skills are required in professional engineering practice, where decisions often depend on the quality of technical documentation. Work with authentic materials also contributes to vocabulary development. Encountering specialised terminology in context helps students understand how lexical units function in professional communication. Reformulating information encourages them to experiment with different patterns and become more sensitive to collocations and stylistic differences.

The teacher's role in this process is not limited to explaining grammar or correcting mistakes. Selecting appropriate materials, organising classroom interaction, and providing constructive feedback are equally important. Discussion and collaborative tasks may be combined with independent work outside the classroom, which creates favourable conditions for developing learner autonomy.

Assessment practices deserve separate consideration. In many cases, long summaries receive higher marks simply because they contain more information. Such an approach does not always reflect the quality of writing. Criteria related to accuracy, coherence, clarity, and audience awareness provide a more reliable basis for evaluation. Rubrics can help students understand these expectations.

Teaching secondary text production is associated with several difficulties. Students differ considerably in language proficiency and academic experience. Technical content itself may create additional obstacles. Some learners possess sufficient professional knowledge in their native language but lack the vocabulary needed to express these ideas in English. Step-by-step progression and differentiated tasks can partly compensate for these differences. The value of these skills extends beyond ESP courses. Graduates who are capable of processing and presenting information efficiently are generally better prepared for professional communication and independent work with technical documentation. Such abilities remain important throughout their careers.

Future studies may focus on the influence of text complexity on writing performance or examine how stable these skills remain over time. Digital tools designed for automatic summarisation may serve as useful assistants, although they should not replace independent writing practice. Secondary text production occupies an important place in technical ESP because it combines reading, writing, and critical analysis. A genre-based approach supported by regular practice and explicit instruction can help students develop communication skills that are relevant both in academic settings and in future professional activity.

References

1. Hyland, K. (2004). Genre and Second Language Writing. Ann Arbor: University of Michigan Press.
2. Swales, J. M. (1990). Genre Analysis: English in Academic and Research Settings. Cambridge: Cambridge University Press.

ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ЛСГ ЕМОТИВНИХ ПРИКМЕТНИКІВ СУЧАСНОЇ НІМЕЦЬКОЇ МОВИ

Лех Ольга Степанівна
кандидат філологічних наук, доцент
Федорів Ольга Михайлівна
магістр
Кафедра германської філології та перекладу
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича, Україна

Розуміння лексики як системи стимулювало пошуки об'єктивних методів фіксації та вимірювання семантичних зв'язків між словами, насамперед з метою інвентаризації лексичних мікросистем [2]. На сьогодні відомо три основних методи інвентаризації лексичних мікросистем: психофізіологічний, психолінгвістичний та лінгвістичний. Щодо перших двох методів, то тут очевидні певні труднощі, оскільки вони потребують залучення до роботи лінгвіста великої кількості носіїв мови, яку досліджують [1]. Отже, ми спробуємо сформувати склад ЛСГ досліджуваних прикметників з урахуванням їх частоти вживання у публіцистичних текстах.

Матеріалом дослідження послугували публікації німецького суспільно-політичного журналу DER SPIEGEL. Емпіричну базу становлять 60 випусків журналу загальним обсягом близько 7200 сторінок, що в середньому становить 120 сторінок на один випуск. Опрацьований матеріал охоплює основні тематичні рубрики видання, зокрема Deutschland (Німеччина), Ausland (закордон), Politik (політика), Wirtschaft (економіка), Gesellschaft(суспільство), Wissenschaft/Wissen (наука), Kultur (культура), Sport (спорт) та Meinung (думки). Залучення публікацій різної тематичної спрямованості забезпечило репрезентативність дослідницького корпусу та дало змогу комплексно проаналізувати особливості функціонування емотивних прикметників у сучасному німецькомовному медіадискурсі.

Аналіз тексту показує, що усі його елементи (мовні одиниці) поводяться неоднаково: одні – часто повторюються, інші – трапляються рідко. З'являється можливість на основі частотності вживання мовних елементів у тексті встановити ієрархію цих елементів.

Початковий список досліджуваної групи складається із 30 лексем, що характеризуються різною частотою вживання (див. табл. 1). Так, наприклад,

прикметник lustig зафіксовано у проаналізованих текстах 170 разів, прикметник traurig – 160 разів. Частину прикметників групи (belustigend, betrüblich, jämmerlich, trübsinni, guntöstlich, wohlgemut) у досліджуваних текстах не виявлено, і тому вони залишаться поза нашою увагою і виключаються зі складу ЛСГ.

Таблиця 1 Частотні характеристики прикметників

№	Прикметник	Кількість	У відсотках
1.	ausgelassen	4	0,26
2.	bedauerlich	6	0,39
3.	bekümmert	2	0,13
4.	belustigend	0	0,00
5.	betrübt	2	0,13
6.	betrüblich	0	0,00
7.	bitter	82	5,39
8.	drollig	4	0,26
9.	erbärmlich	12	0,79
10.	fröhlich	102	6,71
11	froh	148	9,74
12.	heiter	68	4,47
13.	jämmerlich	0	0,00
14.	lebhaft	14	0,92
15.	lustig	170	11,18
16.	melancholisch	20	1,32
17.	merkwürdig	88	5,79
18.	munter	14	0,92
19.	niedergeschlagen	6	0,39
20.	schlimm	296	19,47
21.	spaßig	2	0,13
22.	traurig	160	10,53
23.	trübsinnig	0	0,00
24.	unterhaltsam	98	6,45
25.	unglücklich	76	5,00
26.	untröstlich	0	0,00
27.	vergnügt	18	1,18
28.	verzweifelt	82	5,39
29.	witzig	44	2,89
30.	wohlgemut	0	0,00
	всього	1520	100%
	серед.кількість	51	

Як видно з таблиці, середня кількість уживань досліджуваних прикметників складає 51 лексему. Високочастотними будемо вважати такі прикметники, частота яких перевищує середнє значення, тобто 51 уживання: schlimm, lustig, traurig, froh, unterhaltsam, fröhlich, merkwürdig, bitter, verzweifelt, heiter, unglücklich, witzig. Ці лексеми можна віднести до ядра досліджуваної ЛСГ, оскільки вони характеризуються найвищою частотністю в аналізованому текстовому матеріалі. Сукупна кількість вживань високочастотних прикметників становить 1312 лексем, що складає приблизно 86,3 % від загальної кількості зафіксованих слововживань (1520 лексем).

Лексеми, частотність яких не перевищує середньої частоти вживання елементів ЛСГ (51) або є дещо нижчою, можна віднести до основного складу. До цієї групи належать прикметники: melancholisch (20), vergnügt (18), lebhaft(14), munter (14), erbärmlich (12), niedergeschlagen (6), bedauerlich (6), ausgelassen (4), drollig (4), bekümmert (2), betrübt (2), spaßig (2).

Решта прикметників мають низьку частотність уживання та формують периферію досліджуваної лексико-семантичної групи. Їх можна поділити на дві групи:

1. Лексеми з частотністю від 5 до 20: melancholisch, vergnügt, lebhaft, munter, erbärmlich, niedergeschlagen, bedauerlich.

2. Лексеми з частотністю нижче 5: ausgelassen, drollig, bekümmert, betrübt, spaßig, belustigend, betrüblich, jämmerlich, trübsinnig, untöstlich, wohlgemut.

Прикметники цих підгруп складають ближню та дальню периферію.

Базуючись на отриманих результатах, будемо вважати, що ЛСГ прикметників на позначення емоційних станів та емоційної оцінки складається з таких елементів:

ядро – schlimm, lustig, traurig, froh, unterhaltsam, fröhlich, merkwürdig, bitter, verzweifelt, heiter, unglücklich, witzig;

основний склад – melancholisch, vergnügt, lebhaft, munter, erbärmlich, niedergeschlagen, bedauerlich;

периферія:

ближня – ausgelassen, drollig, bekümmert, betrübt;

дальня – spaßig, belustigend, betrüblich, jämmerlich, trübsinnig, untöstlich, wohlgemut.

Виокремивши ЛСГ досліджуваних ад'єктивів стає можливим в подальшому дослідити синтагматичні зв'язки емотивних прикметників сучасної німецької мови.

Список використаних джерел

1. Лех О.С. Семантика, синтагматика, парадигматика прикметників на позначення розміру в німецькій мові: дис. … канд. філол. наук: 10.02.04. Чернівці, 2008. 263 с.

2. Мусурівська О.В. Методи інвентаризації лексико-семантичних груп / О.В. Мусурівська // Науковий вісник Чернівецького університету. – Вип. 1. Германська філологія. – Чернівці: ЧДУ, 1996. – С. 51-54.

МІЖКУЛЬТУРНА КОМУНІКАТИВНА КОМПЕТЕНТНІСТЬ ЯК СКЛАДОВА ІНШОМОВНОЇ ОСВІТИ

Мосій Ірина Михайлівна
старший викладач
Клонцак Ореста Ігорівна
к. пед..наук, доцент
Кафедра іноземних мов
Національний лісотехнічний університет України

Сучасна іншомовна освіта орієнтована не лише на формування мовних знань і навичок, а й на підготовку здобувачів освіти до ефективної комунікації в багатокультурному середовищі. Глобалізаційні процеси, академічна мобільність, міжнародна співпраця та розвиток цифрових технологій значно розширили можливості міжкультурної взаємодії. За таких умов знання граматики та лексики іноземної мови не завжди забезпечує успішне спілкування. Важливого значення набуває здатність розуміти культурний контекст, враховувати норми поведінки та комунікативні особливості представників інших культур [1; 2].

Проблема формування міжкультурної комунікативної компетентності посідає важливе місце у сучасних дослідженнях українських науковців. Зокрема, Н. Бібік, О. Пометун, О. Савченко та інші дослідники наголошують на компетентнісному підході до сучасної освіти, відповідно до якого результатом навчання мають бути не лише засвоєні знання, а й здатність застосовувати їх у різноманітних життєвих і професійних ситуаціях [3; 4]. У контексті іншомовної освіти такий підхід безпосередньо пов'язаний із формуванням здатності студента використовувати іноземну мову для реальної комунікації.

Важливість культурного компонента іншомовного навчання підкреслюють українські методисти О. Бігич, Н. Бориско, С. Ніколаєва та ін. [5; 6; 7]. На їхню думку, іншомовна комунікативна компетентність має комплексний характер і включає взаємопов'язані мовні, мовленнєві, соціокультурні та стратегічні складові. Відтак навчання іноземної мови має передбачати не тільки засвоєння мовних одиниць, а й формування здатності використовувати їх відповідно до ситуації та соціокультурного контексту.

Поняття міжкультурної комунікативної компетентності пов'язане зі здатністю людини ефективно взаємодіяти з представниками інших культур, розуміти культурні відмінності та відповідно адаптувати власну комунікативну поведінку. М. Байрам визначає міжкультурну компетентність через сукупність ставлень, знань, умінь інтерпретації та взаємодії, а також критичної культурної усвідомленості [7]. Подібна концепція узгоджується з сучасним компетентнісним підходом в українській освіті.

Особливого значення набуває соціокультурна компетентність, яка передбачає знання соціокультурного контексту використання іноземної мови. Н.

Бориско зазначає, що іншомовна підготовка має забезпечувати готовність особистості до міжкультурної комунікації та враховувати соціокультурні особливості країни, мова якої вивчається [6]. Отже, культурний компонент має бути інтегрований у процес формування іншомовних умінь. Наприклад:

Ситуація: студент уперше зустрічається з англомовним партнером. Український студент може сказати: «Give me your phone number». Граматично речення правильне, але в певному контексті воно може звучати занадто прямолінійно. З огляду на соціокультурні норми доречніше буде сказати: «Could I have your phone number, please?» Або: «Would you mind giving me your phone number?»

Тобто студент не просто знає граматику, а розуміє, як мовна форма пов'язана із соціальними нормами ввічливості. Соціокультурна компетентність студента проявляється у здатності правильно використовувати мовні засоби відповідно до соціального та культурного контексту. Так, під час професійного спілкування студент має не лише граматично правильно сформулювати прохання, а й обрати відповідний рівень ввічливості, форму звертання та комунікативну стратегію. Уміння розрізняти формальне й неформальне спілкування, використовувати відповідні форми привітання, подяки, вибачення, прохання та висловлення незгоди є практичним проявом соціокультурної компетентності.

У сучасній методиці викладання іноземних мов дедалі більшого значення набуває поняття міжкультурної компетентності, яке не обмежується знанням фактів про іншу країну. Студент має навчитися аналізувати культурні явища, порівнювати їх із власним культурним досвідом, розуміти причини відмінностей та уникати стереотипного сприйняття [2; 6; 7].

Важливим є також розвиток толерантності та відкритості до культурного різноманіття. У цьому контексті міжкультурна компетентність має не лише когнітивний, а й ціннісно-особистісний характер. Студент повинен бути готовим сприймати іншу культуру без упереджень, поважати інші погляди та визнавати право на культурну відмінність [7;8].

Формування міжкультурної компетентності має здійснюватися систематично та інтегруватися у зміст навчання іноземної мови. Одним із найбільш ефективних засобів є використання автентичних матеріалів. Статті, відео, інтерв'ю, рекламні матеріали, вебсайти та інші автентичні ресурси допомагають студентам ознайомитися з реальною мовою та культурними моделями поведінки [5; 7].

Особливу роль відіграють порівняльні завдання, спрямовані на зіставлення української та іншомовної культур. Наприклад, студентам можна запропонувати порівняти особливості ділового етикету, способи звертання, правила ведення переговорів, форми висловлення подяки, прохання, незгоди або вибачення. Такі завдання сприяють усвідомленню як культурних відмінностей, так і особливостей власної культури [6; 7].

Для формування соціокультурної та міжкультурної компетентності можна дати студентам таке порівняльне завдання: Порівняйте правила повсякденного

та професійного спілкування в Україні та Великій Британії. Після виконання завдання студентам запропонувати ситуацію: You are an Ukrainian student who meets a British university professor for the first time. Студент повинен: привітатися, представитися, звернутися до викладача, поставити запитання, висловити незгоду з думкою викладача, попрощатися. Можна додатково запитати студентів : «Which differences could cause misunderstanding between Ukrainian and British speakers? How could you avoid such misunderstandings?»

Ефективним засобом розвитку міжкультурної комунікативної компетентності є рольова гра. Моделювання реальних ситуацій — міжнародної ділової зустрічі, співбесіди, академічної мобільності, переговорів або вирішення конфлікту — створює умови для практичного застосування іншомовних знань [5; 7]. Учасники можуть виконувати ролі представників різних культур і аналізувати, як культурні чинники впливають на процес комунікації. Ось конкретний приклад рольової гри, який можна використати на занятті: Рольова гра «An International Business Meeting».

Мета: формування соціокультурної та міжкультурної комунікативної компетентності студентів.

Ситуація:Українська компанія проводить онлайн-зустріч із британськими партнерами. Сторони повинні обговорити умови співпраці та домовитися про спільний проєкт.

Ролі:

Student A – Ukrainian company representative

- привітайте партнера;
- представте свою компанію;
- запропонуйте умови співпраці;
- висловіть свою думку щодо термінів виконання проекту;
- не погодьтеся з однією з пропозицій партнера.

Student B – British company representative

- привітайте партнера;
- підтримайте коротку неформальну розмову;
- поставте запитання щодо проекту;
- запропонуйте змінити терміни;
- дипломатично висловіть незгоду з пропозицією українського партнера.

Корисні мовні фрази:

Greeting:

- It’s a pleasure to meet you.
- Thank you for taking the time to meet with us.

Making a suggestion:

- Perhaps we could consider...
- Would it be possible to...?

Disagreeing politely:

- I see your point, but I’m not sure I completely agree.
- That’s an interesting suggestion. However, I think we should consider another option.

Reaching an agreement:

- I think we have reached an agreement.
- That sounds like a good solution.

Не менш важливими є дискусії та проблемні завдання. Обговорення культурних стереотипів, традицій, норм поведінки, особливостей професійного спілкування та міжкультурних непорозумінь сприяє розвитку критичного мислення та здатності аргументовано висловлювати власну позицію [3; 4; 7].

Перспективним напрямом є використання проектної діяльності. Студенти можуть виконувати порівняльні дослідження, створювати презентації, відеоматеріали, цифрові постери або спільні проекти, присвячені культурним і комунікативним особливостям різних країн. Проектна робота сприяє розвитку самостійності, співпраці, дослідницьких умінь і мовленнєвої активності [5; 7].

В умовах цифровізації освіти значний потенціал має онлайн-міжкультурна взаємодія. Відеоконференції, міжнародні онлайн-проекти та цифрові платформи дають можливість студентам безпосередньо взаємодіяти з представниками інших культур. Водночас така діяльність потребує розвитку цифрової грамотності, навичок медіації та здатності враховувати культурні особливості онлайн-комунікації [10].

Важливою складовою формування міжкультурної компетентності є рефлексія. Після виконання комунікативних завдань доцільно запропонувати студентам проаналізувати власну поведінку, визначити причини можливих непорозумінь і сформулювати способи їх подолання. Рефлексивний підхід сприяє усвідомленню власних культурних установок і розвитку здатності критично оцінювати власний комунікативний досвід [7;8]. Після завершення рольової гри проводиться рефлексія, під час якої студенти аналізують культурні відмінності, особливості мовленнєвої поведінки та можливі причини комунікативних непорозумінь. Студенти відповідають на запитання:

1. Was it easy to communicate with a person from another culture?
2. Which expressions sounded more polite or indirect?
3. Did you notice any differences in communication styles?
4. What could cause a misunderstanding?
5. What would you do differently next time?

Така рефлексія сприяє усвідомленню власних культурних установок, розвитку відкритості до іншої культури та здатності адаптувати власну комунікативну поведінку.

Міжкультурна комунікативна компетентність має особливе значення для професійної підготовки студентів немовних спеціальностей. Сучасний фахівець може брати участь у міжнародних проектах, працювати в міжнародних командах, спілкуватися з іноземними партнерами та користуватися професійними ресурсами іноземною мовою. Тому професійно орієнтоване навчання має включати не лише спеціальну лексику, а й моделювання реальних ситуацій міжкультурного професійного спілкування [5; 6].

Важливим завданням викладача є створення навчального середовища, у якому студент має можливість не тільки отримувати інформацію про іншу

культуру, а й активно взаємодіяти, порівнювати, аналізувати та рефлексувати. Саме тому сучасне заняття з іноземної мови доцільно будувати на засадах компетентнісного підходу. [3; 4].

Оцінювання міжкультурної компетентності також має бути комплексним. Поряд із традиційним тестуванням доцільно використовувати самооцінювання, портфоліо, проектні роботи, рефлексивні щоденники, презентації та оцінювання виконання ситуаційних завдань [8;10]. Це дає можливість оцінити не лише рівень засвоєння культурологічної інформації, а й здатність студента застосовувати її у процесі комунікації.

Отже, міжкультурна комунікативна компетентність є важливою складовою сучасної іншомовної освіти. Її формування передбачає поєднання мовної, соціокультурної, когнітивної та поведінкової складових. Українські та зарубіжні дослідження підтверджують необхідність переходу від простого засвоєння культурологічної інформації до формування здатності студента ефективно діяти в ситуаціях міжкультурної взаємодії [5; 6; 8].

Ефективність цього процесу забезпечують автентичні матеріали, порівняльні завдання, рольові ігри, дискусії, проектна діяльність, цифрові технології та рефлексія [5; 7; 10]. Особливого значення міжкультурна компетентність набуває у професійній підготовці майбутніх фахівців, оскільки забезпечує їхню готовність до міжнародної співпраці та ефективної комунікації в умовах культурного різноманіття.

Таким чином, інтеграція міжкультурного компонента у викладання іноземної мови сприяє формуванню не лише мовно компетентної, а й відкритої, толерантної, критично мислячої та готової до міжкультурного діалогу особистості.

Список використаних джерел

1. Методика навчання іноземних мов і культур: теорія і практика : підручник / О. Б. Бігич, Н. Ф. Бориско, Г. Е. Борецька та ін. ; за заг. ред. С. Ю. Ніколаєвої. Київ : Ленвіт, 2013.
2. Ніколаєва С. Ю. Основи сучасної методики викладання іноземних мов (схеми і таблиці) : навч. посіб. Київ : Ленвіт, 2008.
3. Пометун О. І. Компетентнісний підхід — найважливіший орієнтир розвитку сучасної освіти. Рідна школа. 2005. № 1. С. 65–69.
4. Савченко О. Я. Ключові компетентності — інноваційний результат шкільної освіти. Київ : Інститут педагогіки НАПН України, 2011.
5. Бігич О. Б., Бориско Н. Ф., Борецька Г. Е. та ін. Методика навчання іноземних мов і культур: теорія і практика. Київ : Ленвіт, 2013.
6. Бориско Н. Ф. Сам собі методист, або Поради тому, хто хоче стати професійним учителем іноземної мови. Київ : Фірма «ІНКОС», 2001.
7. Ніколаєва С. Ю. Загальноєвропейські Рекомендації з мовної освіти: вивчення, викладання, оцінювання. Київ : Ленвіт, 2003.
8. Deardorff D. K. Identification and Assessment of Intercultural Competence as a Student Outcome of Internationalization. Journal of Studies in International Education. 2006. Vol. 10, No. 3. P. 241–266.

9. Council of Europe. Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment. Cambridge : Cambridge University Press, 2001.
10. Council of Europe. Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment – Companion Volume. Strasbourg : Council of Europe Publishing, 2020.

МЕТОДИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СЕРЕДОВИЩА SCRATCH ДЛЯ РОЗВИТКУ АЛГОРИТМІЧНОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ ПОЧАТКОВИХ КЛАСІВ

Мойко Оксана
кандидат педагогічних наук, доцент
Наугольник Наталія
здобувач вищої освіти магістерського рівня
Факультет початкової освіти та мистецтва
Дрогобицький державний педагогічний університет ім. І. Франка
Україна

Анотація. У статті розглянуто методичні особливості використання середовища Scratch для розвитку алгоритмічного мислення учнів початкових класів. Обґрунтовано актуальність розвитку алгоритмічного мислення в контексті сучасної початкової освіти та цифровізації освітнього процесу. Розкрито дидактичний потенціал середовища Scratch як інструменту візуального програмування, що дає змогу учням наочно конструювати алгоритми, перевіряти результати їх виконання, виявляти та виправляти помилки. Визначено основні складники алгоритмічного мислення, розвиток яких доцільно забезпечувати під час роботи зі Scratch: уміння встановлювати послідовність дій, здійснювати декомпозицію завдань, використовувати повторення й розгалуження, прогнозувати результати, знаходити та виправляти помилки, оптимізувати алгоритми. Запропоновано основні етапи організації навчальної діяльності молодших школярів у середовищі Scratch та систему методичних прийомів, спрямованих на поступове ускладнення алгоритмічних завдань. Обґрунтовано доцільність поєднання пропедевтичних вправ, практичних завдань, проблемних ситуацій і творчих проєктів. Визначено перспективність подальшої експериментальної перевірки запропонованих методичних підходів.

Ключові слова: алгоритмічне мислення, учні початкових класів, Scratch, візуальне програмування, алгоритм, програмування, інформатика, початкова освіта, цифрові технології.

Постановка проблеми. Цифровізація освітнього процесу зумовлює необхідність пошуку ефективних засобів формування в молодших школярів не лише практичних навичок роботи з цифровими технологіями, а й способів

мислення, необхідних для розв’язування навчальних і життєвих завдань. Одним із важливих компонентів такої підготовки є алгоритмічне мислення, яке передбачає здатність аналізувати проблему, визначати послідовність необхідних дій, встановлювати причинно-наслідкові зв’язки, прогнозувати результати та коригувати власні дії.

Актуальність розвитку алгоритмічного мислення учнів початкових класів визначається і сучасними нормативними вимогами до початкової освіти. У Державному стандарті початкової освіти серед завдань інформатичної освітньої галузі визначено розвиток логічного й алгоритмічного мислення, креативності та здатності застосовувати цифрові інструменти для розв’язування проблем [1].

Особливої актуальності проблема набуває під час навчання інформатики, оскільки саме ця освітня галузь створює природні умови для роботи з алгоритмами, моделювання послідовностей дій та ознайомлення учнів із принципами програмування.

Одним із доступних для молодших школярів інструментів розвитку відповідних умінь є середовище Scratch. Його особливістю є використання блокового програмування, за якого програмний код створюється шляхом поєднання графічних команд. Такий підхід дає змогу зменшити труднощі, пов’язані із синтаксисом текстових мов програмування, та зосередити увагу учнів на логіці побудови алгоритму.

Scratch розроблено як середовище, у якому діти можуть створювати інтерактивні історії, анімації та ігри, одночасно розвиваючи творчість, системне мислення та здатність до співпраці [2]. Тому використання цього середовища в початковій школі може поєднувати навчання алгоритмізації з творчою та ігровою діяльністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема розвитку алгоритмічного мислення учнів молодшого шкільного віку засобами інформатичної освіти розглядається в роботах українських і зарубіжних дослідників.

М. Гладун та Н. Морзе наголошують на необхідності систематичного використання вправ, спрямованих на формування алгоритмічного мислення молодших школярів. Дослідники підкреслюють важливість поступового переходу від простих алгоритмічних завдань до складніших, що передбачають самостійне конструювання алгоритмів [3].

О. Яценко та Л. Чумак, досліджуючи освітні середовища для навчання програмування, визначають серед основних критеріїв їх добору простоту інтерфейсу, доступність навчальних матеріалів, можливість реалізації основних алгоритмічних конструкцій та відповідність віковим особливостям учнів [4]. Зазначені характеристики роблять блокові середовища програмування, зокрема Scratch, доцільними для початкового етапу навчання алгоритмізації.

Значний інтерес становлять результати досліджень, у яких безпосередньо аналізується використання Scratch. Ю. Великдан розглядає можливості Scratch для формування алгоритмічного та логічного мислення учнів і звертає увагу на використання циклів, умов, змінних, декомпозиції складних завдань, тестування та налагодження програм [5].

Зарубіжні дослідження засвідчують перспективність використання Scratch для розвитку обчислювального та алгоритмічного мислення. Х. Ма та співавтори встановили, що проблемно-орієнтований підхід до навчання з використанням Scratch може сприяти розвитку обчислювального мислення учнів і підвищенню їхньої впевненості у власних можливостях розв'язування завдань [5]. Дослідження Е. Кайзи та співавторів також засвідчує можливість залучення учнів початкової школи до програмування через створення цифрових історій та інших інтерактивних продуктів [7].

Водночас результати окремих досліджень свідчать, що саме використання середовища програмування не гарантує автоматичного розвитку мислення учнів. Ф. Калеліоглу та Я. Гюльбахар не виявили статистично значущого покращення загальних навичок розв'язування проблем унаслідок навчання програмування у Scratch, хоча учні позитивно оцінювали середовище та виявляли інтерес до подальшого навчання [8]. Це дає підстави стверджувати, що результативність використання Scratch значною мірою залежить від методики організації навчальної діяльності.

Отже, актуальним є визначення таких методичних підходів до використання Scratch, за яких програмування стає засобом цілеспрямованого розвитку алгоритмічного мислення, а не лише способом опанування окремих команд і конструкцій.

Мета статті. Метою статті є обґрунтування методичних особливостей використання середовища Scratch для розвитку алгоритмічного мислення учнів початкових класів та визначення ефективних способів організації навчальної діяльності молодших школярів у процесі алгоритмізації та візуального програмування.

Виклад основного матеріалу. Scratch є середовищем візуального програмування, розробленим дослідницькою групою Lifelong Kindergarten Media Lab Массачусетського технологічного інституту. Його створення було пов'язане з необхідністю забезпечити дітям доступний інструмент для навчання програмуванню через творчу діяльність. На відміну від традиційних текстових мов програмування, Scratch використовує кольорові графічні блоки, які поєднуються між собою за принципом конструктора. Це дає змогу учням створювати програми без необхідності запам'ятовувати складний синтаксис [2].

Особливість Scratch полягає також у тому, що учень може одразу побачити результат виконання створеної програми. Якщо послідовність команд побудована правильно, персонаж виконує заплановані дії; якщо ж алгоритм містить помилку, результат відрізняється від очікуваного. Таким чином, між задумом учня, створеним алгоритмом і фактичним результатом виникає безпосередній зв'язок. Це створює природні умови для перевірки власних припущень, пошуку причин помилки та вдосконалення алгоритму.

Саме ця особливість має важливе значення для розвитку алгоритмічного мислення. Під час створення навіть нескладної програми учень повинен спочатку визначити мету, розподілити завдання на окремі дії, встановити їхню послідовність, передбачити можливий результат, реалізувати задум за

допомогою блоків, перевірити виконання програми та, за необхідності, внести зміни. Отже, робота у Scratch охоплює кілька взаємопов'язаних етапів алгоритмічної діяльності.

Алгоритмічне мислення є важливою складовою інформатичної компетентності учня. Його розвиток передбачає формування здатності не лише виконувати певну послідовність дій, а й самостійно визначати спосіб розв'язання завдання, прогнозувати результат, перевіряти правильність виконання та коригувати власні дії.

Для молодших школярів поняття алгоритму доцільно формувати на основі знайомих життєвих ситуацій. До початку роботи безпосередньо в Scratch учитель може запропонувати дітям скласти послідовність дій для виконання певного завдання: приготування простої страви, переходу дороги, складання конструкції, малювання фігури або переміщення предмета до визначеної точки.

Такі вправи дозволяють сформувати первинне розуміння алгоритму як чіткої послідовності дій, спрямованої на досягнення певної мети. Після цього учні можуть переносити набуті уявлення у цифрове середовище.

Першою методичною особливістю роботи зі Scratch є поступовість переходу від готового алгоритму до його самостійного конструювання. На початковому етапі учням доцільно пропонувати готові послідовності команд і завдання на визначення результату їх виконання. Наприклад, учень має переглянути послідовність блоків і визначити, куди переміститься персонаж або якою буде його поведінка.

Наступним кроком є завдання на доповнення алгоритму. Учитель навмисно пропускає один або декілька блоків, а учень повинен визначити, які команди необхідно додати для отримання очікуваного результату.

Важливим прийомом є прогнозування результату виконання алгоритму. Перед запуском програми учні повинні висловити припущення щодо поведінки персонажа. Лише після цього програма запускається для перевірки. Такий підхід формує причинно-наслідкове мислення та вміння співвідносити окрему команду з її результатом.

Наступною важливою методичною особливістю є використання завдань на пошук і виправлення помилок. Учням можна запропонувати готовий проєкт, який не відповідає визначеній умові. Завдання полягає у визначенні помилкового елемента, поясненні причини помилки та внесенні необхідних змін.

Наприклад, якщо персонаж повинен пройти певний маршрут, але зупиняється раніше, учень має проаналізувати послідовність команд, визначити, яка з них є неправильною або недостатньою, та запропонувати спосіб виправлення. У цьому випадку дитина не просто виконує алгоритм, а аналізує його структуру.

Важливим компонентом алгоритмічного мислення є декомпозиція, тобто поділ складного завдання на простіші частини. У Scratch цей принцип можна реалізувати під час створення інтерактивної історії або гри. Наприклад, проєкт можна поділити на окремі завдання: створення персонажів, налаштування їх

руху, додавання звукового супроводу, організація взаємодії між об’єктами та визначення умов завершення гри.

Такий підхід дозволяє учням усвідомити, що складна проблема може бути розв’язана шляхом послідовного виконання декількох простіших завдань.

Особливе значення має навчання школярів використовувати циклічні алгоритми. Після того як учні опанували прості послідовності команд, їм доцільно запропонувати завдання, у яких певна дія повторюється декілька разів. Наприклад, персонаж має зробити десять кроків, виконати серію однакових рухів або повторити певну анімацію.

На початковому етапі учень може записати всі команди окремо. Після цього вчитель пропонує порівняти такий алгоритм із варіантом, у якому використовується цикл. Це дає можливість самостійно підвести дітей до розуміння переваг повторюваної конструкції.

Не менш важливим є використання розгалужень. Учням пропонують ситуації, у яких результат залежить від певної умови. Наприклад, персонаж повинен змінити напрям руху, якщо зустрів перешкоду, або отримати певну кількість балів, якщо виконав необхідну дію.

Робота з умовами розвиває здатність аналізувати ситуацію та визначати різні варіанти розвитку подій. Це безпосередньо пов’язано з алгоритмічним мисленням, оскільки учень має визначити не лише послідовність дій, а й умову переходу від однієї дії до іншої.

Ефективним методичним прийомом є «одна задача — кілька алгоритмів». Після виконання завдання учням пропонується знайти інший спосіб отримання того самого результату. Наприклад, один учень може створити алгоритм руху персонажа за допомогою послідовності команд, а інший — використати цикл.

Порівняння різних способів розв’язання сприяє розвитку гнучкості мислення та розуміння того, що одна проблема може мати декілька алгоритмічних розв’язків.

Доцільним є також використання творчих проєктів. На відміну від вправ, у яких спосіб виконання визначається вчителем, проєктне завдання передбачає більший рівень самостійності. Учень самостійно визначає мету, планує послідовність дій, обирає необхідні команди, створює програму та перевіряє її роботу.

Scratch особливо добре пристосований до такого виду діяльності, оскільки дозволяє створювати анімації, ігри, інтерактивні історії та інші цифрові продукти [2].

Наприклад, учням можна запропонувати створити гру «Лабіринт». Для її реалізації школяр повинен спочатку визначити правила гри, спланувати маршрут персонажа, створити алгоритм його руху, передбачити реакцію на зіткнення зі стіною, організувати підрахунок балів та визначити умову завершення гри.

У процесі виконання такого завдання одночасно розвиваються декомпозиція, послідовність, умовність, циклічність, прогнозування та налагодження алгоритмів.

Важливою методичною умовою є рефлексія після виконання завдань. Учитель повинен не обмежувати роботу перевіркою того, чи працює програма, а спонукати учнів пояснювати логіку власних дій.

Для цього доцільно використовувати запитання: «Яку мету ти поставив?», «Як ти визначив послідовність команд?», «Чому використав саме цю команду?», «Що відбулося не так?», «Як ти знайшов помилку?», «Чи можна виконати це завдання іншим способом?».

Рефлексивна діяльність сприяє усвідомленню учнями власних способів розв'язання завдань та формуванню навичок самоконтролю.

Таким чином, методика використання Scratch для розвитку алгоритмічного мислення повинна передбачати поступовий перехід від простих репродуктивних завдань до завдань, що вимагають самостійного аналізу, планування та творчого проєктування.

До основних методичних принципів такої роботи доцільно віднести:

- поступове ускладнення алгоритмічних завдань;
- поєднання комп'ютерних і традиційних вправ;
- орієнтацію на розв'язання проблемних ситуацій;
- обов'язкове прогнозування результату виконання алгоритму;
- використання завдань на пошук і виправлення помилок;
- застосування циклів і розгалужень як способів оптимізації алгоритмів;
- створення умов для пошуку декількох способів розв'язання;
- використання творчих та проєктних завдань;
- організацію рефлексії після виконання роботи.

Важливо підкреслити, що Scratch не слід розглядати виключно як інструмент навчання програмування. Його педагогічна цінність полягає передусім у можливості організувати діяльність, під час якої учень постійно проходить цикл: аналіз завдання → планування → створення алгоритму → реалізація → перевірка → виявлення помилки → корекція → оцінювання результату.

Саме така діяльність створює умови для розвитку алгоритмічного мислення. Подібний підхід узгоджується із сучасними дослідженнями, у яких підкреслюється значення проблемно-орієнтованого та діяльнісного навчання під час використання Scratch [6].

Разом із тим не можна ототожнювати сам факт використання Scratch із гарантованим розвитком алгоритмічного мислення. Як показують результати окремих досліджень, ефективність програмування залежить від змісту завдань, методів навчання та характеру педагогічного супроводу [8]. Тому вчителю необхідно забезпечувати не просто виконання учнями інструкцій, а створювати ситуації, що потребують аналізу, прогнозування, пошуку помилок і самостійного прийняття рішень.

Важливим є також дотримання принципу поступового ускладнення. Спочатку учні виконують дії за готовим зразком, потім доповнюють або виправляють алгоритм, після цього самостійно конструюють його та, зрештою, створюють власні алгоритмічні рішення.

Отже, Scratch доцільно розглядати не лише як середовище для початкового навчання програмування, а як інструмент розвитку алгоритмічного способу мислення. Його використання дає змогу поєднати аналіз завдання, планування послідовності дій, конструювання алгоритму, прогнозування результату, практичну перевірку, пошук помилок і вдосконалення власного рішення. Саме така комплексна діяльність відповідає сутності алгоритмічного мислення та створює передумови для його цілеспрямованого розвитку в учнів початкових класів.

Висновки. Отже, використання середовища Scratch у початковій школі має значний методичний потенціал для розвитку алгоритмічного мислення учнів. Візуальний характер програмування, можливість швидко отримувати результат, створювати творчі проєкти, тестувати власні алгоритми та виправляти помилки створюють сприятливі умови для формування алгоритмічних умінь.

Визначено, що цілеспрямований розвиток алгоритмічного мислення передбачає формування в учнів умінь встановлювати послідовність дій, декомпозувати складні завдання, прогнозувати результат, використовувати циклічні та розгалужені алгоритми, знаходити й виправляти помилки та оптимізувати способи розв’язання.

Обґрунтовано доцільність поетапної організації роботи зі Scratch: від пропедевтичних вправ і простих алгоритмів до самостійного створення та вдосконалення творчих проєктів. Особливого значення набувають завдання проблемного та творчого характеру, у яких учень не просто відтворює запропоновану послідовність команд, а самостійно планує спосіб досягнення поставленої мети.

Таким чином, ефективність використання Scratch для розвитку алгоритмічного мислення визначається не лише функціональними можливостями самого середовища, а передусім методикою його застосування. Систематичне поєднання алгоритмічних, проблемних, творчих і рефлексивних завдань дає змогу перетворити роботу з програмним середовищем на засіб розвитку інтелектуальних умінь молодших школярів.

Список використаних джерел

1. Кабінет Міністрів України. (2025). Про затвердження Державного стандарту початкової освіти: Постанова від 26 грудня 2025 р. № 1810. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1810-2025-%D0%BF
2. Scratch. (n.d.). About Scratch. Scratch Foundation. https://scratch.mit.edu/help/about/
3. Гладун М. А., Морзе Н. В. Система вправ з інформатики для формування алгоритмічного мислення в учнів молодших класів. Інформатика та інформаційні технології в навчальних закладах. 2013. № 4 (46). С. 41–49.
4. Яценко О. І., Чумак Л. М. Criteria for the selection of educational programming environment for the formation of prospective primary school teachers’ ICT competence. Information Technologies and Learning Tools. 2020. Vol. 78, No. 4. P. 219–236. DOI: https://doi.org/10.33407/itlt.v78i4.2912.

5. Великдан Ю. Можливості Scratch у формуванні алгоритмічного і логічного мислення учнів базової школи. Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія: Педагогічні науки. 2025. № 1. С. 172–178. DOI: https://doi.org/10.31651/2524-2660-2025-1-172-178.
6. Ma H., Zhao M., Wang H., Wan X., Cavanaugh T. W., Liu J. Promoting pupils' computational thinking skills and self-efficacy: A problem-solving instructional approach. Educational Technology Research and Development. 2021. Vol. 69. P. 1599–1616. DOI: https://doi.org/10.1007/s11423-021-10016-5.
7. Kyza E. A., Georgiou Y., Agesilaou A., Souropetsis M. A cross-sectional study investigating primary school children's coding practices and computational thinking using ScratchJr. Journal of Educational Computing Research. 2022. Vol. 60, No. 1. P. 220–257. DOI: https://doi.org/10.1177/07356331211027387.
8. Kalelioğlu F., Gülbahar Y. The effects of teaching programming via Scratch on problem solving skills: A discussion from learners' perspective. Informatics in Education. 2014. Vol. 13, No. 1. P. 33–50. DOI: https://doi.org/10.15388/infedu.2014.03.

ЕВФЕМІЗМИ ЯК ЗАСІБ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОЛІТКОРЕКТНОСТІ ВИСЛОВЛЮВАННЯ В АНГЛІЙСЬКІЙ МОВІ

Голиборода Тетяна Василівна
здобувач вищої освіти магістерського рівня
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського, Україна

Останніми роками явище евфемізації дедалі частіше потрапляє у фокус уваги лінгвістичних, культурологічних та соціологічних досліджень. Евфемізми натепер є соціальними нормами мовлення, поведінки, способу мислення, тому їх вивчення набуває актуальності, зокрема в аспектах їхнього функціонування в різних мовленнєвих контекстах. У процесі евфемізації вибудовується певна система цінностей, понять, установок, і невідповідність цій системі змушує нас використовувати евфемістичні перейменування предметів та явищ, про які ведеться мова. Послуговування евфемізмами у мовленні насамперед пояснюється ввічливістю, спрямованою на ігнорування негативних найменувань і висловів. При цьому відбувається витіснення слів з негативною конотацією і заміна їх на нейтральні чи позитивні лексичні одиниці. Надзвичайно важливою є евфемізація мовлення у міжкультурній комунікації, що має нині глобальні масштаби: спілкування між представниками різних етносів, держав і культур вимагає поваги до прав і гідності кожної людини, урахування міжкультурних відмінностей, політичної коректності, – що може бути досягнуто за рахунок використання саме евфемізмів.

Мета статті – схарактеризувати евфемізми як засоби надання політкоректності висловлюванню в англійській мові.

Евфемізм – це заміна небажаного в певній ситуації слова або словосполучення нейтральним за значенням словом або словосполученням чи висловом з позитивною конотацією. Згідно з Оксфордським словником, «…евфемізм – це пом'якшений або непрямий аналог доволі різкого або грубого слова чи вислову, що позначає неприємне явище» [4, с. 245]. Явище евфемізації є перманентним для мовлення: зміна соціально-культурних умов існування людства неминуче тягне за собою зміну у ставленнях людей до певних явищ, як-от: прав жінок, расової дискримінації, торгівлі людьми, збройних конфліктів, інвалідності, віку. Український дослідник О. Ільченко виокремлює поняття політкоректного евфемізму, яке «…вирізняється функціонуванням у текстах політичної комунікації з метою уникнути репрезентації неприємних сторін дійсності шляхом пом'якшення й приховування смислу описуваного факту» [2, с. 79]. Науковець переконаний, що «…використання евфемізму визначається декількома чинниками: низкою обмежень правового характеру щодо використання мовних засобів для вираження прямої негативної оцінки в текстах політичної комунікації; дотриманням правил культурної коректності в сучасному суспільстві; високою ефективністю впливу на авдиторію імпліцитним способом передачі інформації» [2, с. 79].

Політична коректність, або політкоректність, є щонайперше соціокультурним феноменом, в основі поширення якого – зміни в суспільному розвиткові й свідомості. Така поведінкова, культурна й лінгвістична тенденція бере свій початок, за спостереженнями дослідників, у середині XX століття: це був час, коли суспільство активно реагувало на соціальні зміни та боротьбу за громадянські права, прагнучи викорінити дискримінацію за расовою, гендерною та іншими ознаками. «Політична коректність (від англ. political correctness), як мовно-культурне явище, виникла у 70-ті роки в США, а потім набуло поширено у Західній Європі. У 1990-ті роки під впливом ідей лібералізму в університетському середовищі США «політкоректність» почали використовувати як ідеологію, що виключає будь-який прояв дискримінації людей. … під політкоректністю в США почали розуміти ідеологічно-політичний рух 1980-х – 1990 рр. за дотримання норм нейтральної мови щодо статі, віку та ін.» [1, с. 125]. Евфемізми є одним із засобів реалізації політкоректності на лексичному рівні, мовленнєва політкоректність базується на гіпотезі лінгвістичної відносності Сепіра-Ворфа щодо безпосереднього зв'язку між формами мовлення, культури й мислення. Розуміючи, що певні слова та словосполучення можуть відгукуватися певною поведінкою людей, прихильники цієї гіпотези стверджували, що через уведення спеціальних норм мовленнєвого етикету можливо створити єдине комунікативне поле, в якому програмується толерантна лінгвістична поведінка усіх учасників комунікації. Саме ця гіпотеза була покладена в основу доктрини політкоректності, заснованої на використанні нейтральних або емоційно позитивних замінників – евфемізмів – для образливих або табуйованих висловів, котрі можуть ображати почуття та

гідність людей: untruth – lie; intoxicated, under the influence – drunk (intoxicated – нейтральний, офіційний відповідник до drunk, тоді як under the influence є ще м'якшим описовим варіантом); full-figured, plus-size, overweight – fat; hard of hearing – deaf; person with a disability – disabled person, handicapped person;senior citizen, older adult – old person; economically disadvantaged – poor; passed away – died і под.

Загалом, вдавшись до спроби певним чином класифікувати евфемізми, що надають висловлюванню політкоректності, ми отримуємо такі їх семантичні групи: пов'язані зі смертю; евфемізми, пов'язані з релігією; з політикою; з бізнесом; зі станом здоров'я, зокрема з інвалідністю, хворобами й медициною; евфемізми, пов'язані з людським тілом, сексом та залежностями [3; 5].

З огляду на це, дослідники виокремлюють такі функції евфемізмів, що забезпечують політкоректність висловлювань: «…1) вуалітивна, що перебачає приховання реальних фактів; 2) кооперуюча, яка реалізує співпрацю між сторонами; 3) превентивна, що ґрунтується на давно усталених табу; 4) риторична, яка спонукає мовця до дій; 5) елеватива, що полягає в гіперболізації стандартів; 6) конспіративна, яка приховує певні поняття в межах однієї групи; 7) дистортивна, що спотворює дійсність» [3, с. 102].

Використання евфемізмів з метою забезпечення політкоректності висловлювань залежить як від ситуації, в якій здійснюється комунікація, так і від того, хто їх вживає (політики, науковці, пересічні громадяни), але основною метою евфемізації є уникнення образи почуттів співрозмовників (адресатів висловлювань), тобто уникнення всього, що може викликати негативну оцінку або завдати емоційної шкоди.

Висновки. Евфемізми у мовленні сприяють регулюванню людських взаємин, формують більш м'яке, толерантне ставлення до певних понять в аспектах соціального, політичного, економічного життя суспільства. Саме тому евфемізми стають механізмом реалізації доктрини політкоректності як системи культурних та поведінкових норм.

Список використаних джерел

1. Євтушенко Н. Європейська політика політичної коректності: керівні напрямки та досвід для України. Державне управління та регіональний розвиток, 2024. № 23. С. 123–139. https://doi.org/10.34132/pard2024.23.07
2. Ільченко О.А. Політичні евфемізми як складова сучасної мови ЗМІ. Наукові записки національного університету «Острозька Академія». Серія «Філологічна». Острог, 2015. Вип. 59. С. 78–80.
3. Назаренко О. В., Галеженко В. Г. Евфемізми як лексичний засіб вираження категорії політкоректності. Нова філологія, 2019. № 76. С. 99–103.
4. Oxford Advanced Learner's Dictionary. Oxford: Oxford University Press, 2005. 997 p.
5. Rawson Hugh. A Dictionary of Euphemisms and Other Double Talk. N.-Y., 1995.

ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ В НУШ

Кривонос Олександр Миколайович
доцент
Кривонос Мирослава Петрівна
асистент
Яценко Оксана Іванівна
асистент
Яценко Олександр Сергійович
асистент
Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Житомирський державний університет імені Івана Франка
Україна

Освітня реформа в Україні передбачає, окрім переходу до компетентнісного навчання та демократичного врядування, високий рівень педагогічної майстерності вчителя, зокрема володіння ним різноманітними сучасними технологіями.

Одним з критеріїв педагогічної майстерності вчителя є рівень розвитку його педагогічної техніки, тобто, діяльність вчителя, яка спрямована на організацію різних форм і прийомів навчальної роботи. Для підвищення майстерності сучасного педагога змінюються підходи до підвищення кваліфікації вчителів, вимоги до сучасних інструментів, які вчитель застосовує у своїй щоденній практиці для організації освітнього процесу.

Адже вже на етапі підготовки вчителя НУШ до уроку відбувається перехід від традиційної до прогресивної моделі.

Вчитель НУШ має можливість користуватися не лише одним підручником для підготовки до уроку, а в його користуванні наявні відкриті освітні ресурси, різноманітні цифрові конструктори, генеративний ШІ як асистент. Сучасні технології дають можливість адаптувати навчальні матеріали під потреби учнів з різним рівнем підготовки або особливими освітніми потребами. Вчителю немає потреби вручну писати конспекти уроків та готувати роздатковий матеріал, наразі він має можливість генерувати різнорівневі завдання, тести, ситуаційні вправи та карти уроків за короткий проміжок часу.

Процес оцінювання результатів навчання учнів з використанням прогресивних технологій також змінився. Замість виставлення оцінок з вказуванням і фіксацією помилок НУШ перейшла на формувальне оцінювання, головною особливістю якого є оцінювання динаміки росту кожного учня.

Змінилася також і організація простору під час освітнього процесу. Якщо традиційний підхід передбачає незмінне місцезнаходження учнів під час заняття, то прогресивний підхід НУШ рекомендує створення різних зон діяльності, які діляться на зони навчання, дослідження, презентації своєї діяльності, відпочинку тощо.

Зазначимо, що неактуальним наразі є бездумне відтворення учнями інформації з підручника. Особливістю НУШ є навчання через діяльність, розробка індивідуальних або групових проєктів, розв'язання різноманітних кейсів, використання елементів гри, застосування віртуальної та доповненої реальності для симуляції складних або небезпечних процесів тощо. Тобто, активне формування практичних навичок, а не заучування теорії.

Широко використовуються технології перевернутого навчання, де ознайомлення учнів з теоретичним матеріалом відбувається самостійно, а навчальний час у аудиторії повністю виділяється обговоренню, дискусії, розв'язанню практичних проблем та роботі в групах.

Тобто, ми бачимо, що учень під час такого навчання стає активним учасником освітнього процесу під керівництвом вчителя-фасилітатора, наставника, організатора освітнього процесу.

Зазначимо, що сучасні практичні інструменти автоматизації роботи педагога дозволяють зекономити час на підготовку до заняття та збільшити час на користь живого спілкування, індивідуальної підтримки учнів та розвитку наскрізних навичок здобувачів освіти. Виділимо основні категорії інструментів та їх застосування:

– генерація уроків та дидактичних матеріалів (MagicSchool AI, Eduaide.ai);

– автоматизація тестування та інтерактивні вікторини (Quizizz, Kahoot!);

– створення візуального матеріалу та презентацій (Canva for Education, Gamma App);

– оцінювання та зворотний зв'язок (CoGrader).

Зазначимо, що сучасний освітній процес у НУШ виходить за межі суто академічних знань. Використання прогресивних технологій є потужним каталізатором розвитку «м'яких навичок», необхідних для успішної самореалізації учня в цифровому суспільстві. Зокрема, розвитку моделі «4К»:

– критичне мислення (вміння аналізувати факти, перевіряти інформацію на достовірність та аргументувати власну позицію);

– креативність (здатність генерувати нові ідеї, знаходити альтернативні шляхи розв'язання проблем та створювати унікальні освітні продукти);

– комунікація (ефективне висловлення думок, ведення конструктивного діалогу та публічна презентація результатів);

– командна співпраця (уміння працювати в групі, розподіляти ролі, брати відповідальність за спільний результат та знаходити компроміси).

Таким чином, прогресивні технології навчання переходять від звичайної передачі знань до формування цілісної особистості.

Водночас використання прогресивних технологій в освітньому процесі вимагає від педагогів високого рівня цифрової грамотності, дотримання академічної доброчесності, критичного аналізу згенерованого контенту та навчання учнів етичним нормам взаємодії з штучним інтелектом.

Навчання вчителів застосуванню прогресивних технологій вимагає відходу від традиційних теоретичних лекцій, змінюються підходи до підвищення кваліфікації вчителів. Найефективнішим є діяльнісний підхід за принципом

«учись роблячи», де педагог проживає роль учня і одразу відпрацьовує навички на власних навчальних матеріалах.

Відмітимо ще ефективні формати і методики підготовки вчителів НУШ.

Ефективним способом підвищення кваліфікації вчителів є практичні воркшопи та лабораторії, які організовуються у форматі небагато теорії (15-20%) та практична діяльність (85-80%).

Цікавим способом підготовки вчителів є каскадне навчання та менторство, коли досвідченіший учитель або методист супроводжує колег, проводить парні уроки, надає конструктивний зворотний зв'язок та допомагає подолати страх перед новими інструментами.

Ефективним показало себе мікронавчання, яке відбувається у форматі подачі матеріалу короткими порціями (короткі відеоінструкції, чеклісти).

Спільне обговорення реальних ситуацій із практики, де вчителі аналізують вдалі та невдалі приклади впровадження технологій, разом шукають рішення для проблемних моментів також дає позитивний результат у підвищенні кваліфікації педагогів.

Разом з тим, впровадження прогресивних технологій в освітній процес супроводжується низкою викликів та бар'єрів. Найголовнішою проблемою до сих пір залишається психологічний супротив, страх і тривожність окремих педагогів перед новими технологіями. Разом з тим, існує ризик інформаційного перевантаження усіх учасників освітнього процесу, які впевнено використовують цифрові технології. Також відмітимо, що використання зовнішніх онлайн-сервісів і ШІ-платформ вимагає суворого дотримання законодавства щодо захисту персональних даних здобувачів освіти, формування навичок цифрової гігієни та запобігання кіберзагрозам.

Отже, бачимо, що прогресивні технології навчання в НУШ є потужним важелем трансформації освітнього процесу, який зміщує фокус із заучування теорії на розвиток критичного мислення, креативності, комунікації та командної співпраці учнів. Сучасні інструменти автоматизації (ШІ, цифровий аналіз, інтерактивні платформи) позбавляють вчителя бюрократичного рутинного навантаження та формують впевненість у використанні цифрових інструментів та готовність до безперервного професійного зростання.

Список використаних джерел

1. Високоякісні навчальні матеріали для кожного класу. URL: https://www.eduaide.ai/
2. Лисогор Л., Берендєєв С., Косенчук Ю. Використання електронних освітніх матеріалів у освітньому процесі: сучасні підходи і технології Нової української школи. Випуск 1 : Навчально-методичний посібник. Київ, 2023. 117 с.
3. Освітня платформа зі штучним інтелектом для кожного класу та учня. URL: https://www.magicschool.ai/

ФОРМУВАННЯ У ДІТЕЙ ДОШКІЛЬНОГО ВІКУ МАТЕМАТИЧНИХ ПОНЯТЬ ТА УЯВЛЕНЬ

Холтобіна Олександра Устинівна
кандидат педагогічних наук, доцент
Кафедра технологій дистанційного навчання
та цифрової дидактики в дошкільній освіті
Харківський національний педагогічний університет
імені Г.С. Сковороди, Україна

Формування у дітей дошкільного віку математичних понять та уявлень є важливим елементом підготовки до школи. В усіх нормативних документах дошкільної освіти приділяється значна увага цьому компоненту.

Математика – це цариця наук, яка необхідна для пізнання навколишнього світу. Математика – це унікальний та універсальний витвір людства, який надає можливість вивчати інші науки, пізнавати мистецтво, в якому завжди є гармонія та відповідні закономірності. Діти навчаються мислити логічно, орієнтуватися, бачити закономірності середовища.

У дошкільному віці мислення дитини розширюється. Коло уявлень дошкільника насичене процесом його розумової діяльності. Логіко-математичний розвиток дошкільників залежить від змістовних, цікавих, захопливих завдань, розваг з використанням цікавого і водночас нескладного матеріалу відповідно до вікових особливостей дітей, що спрямовано на всебічний розвиток і виховання.

Такий підхід стимулює розумову діяльність, зацікавлює математичними концепціями завдяки створенню оригінального пізнавального середовища. Це сприяє формуванню та поглибленню математичних уявлень і допомагає закріплювати спеціальні математичні навички [2, с. 6]. Математиці багато уваги приділяли відомі мислителі, філософи, педагоги, психологи. Галілео Галілей написав у своїх працях: «Математика – це мова, якою написана книга природи».

Відомий учений Ісаак Ньютон писав: «У математичних питаннях не можна нехтувати найменшими похибками». Жан-Жак Руссо також приділяв увагу проблемі математики та говорив: «Тисячі шляхів ведуть до помилки, до істини – тільки один». Можна погодитися з думкою Йоганна Вольфганга Гете про те, що цифри не керують світом, але вони показують, як управляється світ.

Василь Сухомлинський підкреслював у своїх працях значущість математики. Педагог писав: «Математика вчить мислити й разом вселяє віру в безмежні сили людського розуму. Вона виховує волю, характер». Ми погоджуємося з такими думками вчених, які наголошували на необхідності математичного розвитку з раннього дитинства.

Формування математичних понять та уявлень у дошкільників – складний процес. Для сучасних педагогів, які працюють з дітьми дошкільного віку, значущими є знання математичної методики. Марія Монтессорі вважала, що педагоги дошкільних установ мають бути координаторами розвитку,

зосереджувати увагу на власних роздумах, критичному ставленні до своїх учинків, стимулювати бажання самостійно робити логічні висновки та формулювати припущення щодо своїх концепцій [3].

У програмі «Дитина» для дітей кожної вікової групи є визначення тих необхідних знань, навичок, умінь, які є важливими. Для дошкільників молодшого віку важливим є орієнтування у формі та розмірах предметів, що передбачає розвиток уміння розрізняти об'єкти. Необхідно навчати їх групувати предмети на основі відмінностей, формувати стійке уявлення про величину предмета, яке не залежить від його положення у просторі [1].

Дітям також слід пропонувати завдання на групування об'єктів за двома заданими сенсорними ознаками – формою та величиною. Для цього можна використовувати рамки-вкладки, що призначені для маленьких і великих кружечків, вживати слова «такий» і «не такий» у мовленнєвій взаємодії, пояснювати розмір або форму, розрізняти ознаки «великий» і «маленький».

Окрему увагу слід приділяти розвитку навичок візуального аналізу форми об'єктів, узгоджувати рухи при дослідженні контуру предмета, накладати одну фігуру на контур іншої зі схожою формою за зразком. Крім того, слід допомагати дітям порівнювати предмети за величиною, формою та кількістю для кращого розуміння властивостей навколишнього світу.

Значущим є вміння орієнтуватися у просторі. Важливо педагогам і батькам учити розрізняти розміщення предметів відносно свого тіла: вгорі, внизу, учити розуміти просторові відношення (на, під, у), напрямок руху (до мене, від мене); ознайомлювати з множиною; розрізняти кількість предметів [1, с. 33].

У дошкільному віці формування елементарних математичних знань і навичок відбувається за умов оптимальної організації навчального процесу, спрямованого на розвиток кількісного сприйняття, роботу з числом та лічбою, уявлень про множину, ознайомлення з величиною предметів, з формою предметів, орієнтування у просторі та в часі. Ці завдання сприяють розумовому та сенсорному розвитку дитини [4, с. 22-23].

Як результат, діти молодшого дошкільного віку виявляють зацікавлення маніпуляціями з предметами, мають уявлення про основні кольори, форми та розміри предметів, розрізняють геометричні фігури, розуміють різницю у розмірах: великий, маленький. Дошкільники мають орієнтуватися в кількості предметів, проявляти інтерес до визначення розташування предметів та іграшок (наприклад, вгорі, внизу, за спиною). Вони також мають добре орієнтуватися у просторових відношеннях (на, під, в, за).

Таким чином, удосконалюється зв'язне мовлення, формуються математичні уявлення, які знадобляться для орієнтування в просторі, виконання базових дій за спільною ознакою (розміром, формою або кількістю), діти починають орієнтуватися у змінах частин доби.

У дошкільному віці формування математичних навичок не зводиться до таблиць і рівнянь. Це здатність мислити логічно, розпізнавати закономірності та діяти послідовно. Це саме те, що потрібно дітям, і на чому ми повинні зосередитися – у грі та продуктивних видах діяльності.

Список використаних джерел

1. Дитина: Освітня програма для дітей від 2 до 7 років / кер. проєкту О. П. Турунцев ; авт. кол.: Г. В. Бєлєнька, О. Л. Богініч, В. М. Верту гіна [та ін.] ; наук. ред. О. А. Половіна, І. В. Кондратець ; Київ. столич. ун-т ім. Б. Грінченка. Київ : Київ. столич. ун-т ім. Б. Грінченка, 2025. 428 с. URL: https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/doshkilna/programi/2026/2026-03-06-ditina-osvitnia-programa-2025.pdf
2. Ємчик О. Г. Методика логіко-математичного розвитку : методичні вказівки до практичних занять. Луцьк : Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2022. 44 с. URL: https://evnuir.vnu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ccf9ff7a-7705-4a0e-bbf3-1ba7a70d08bd/content
3. Педагогічні ідеї Марії Монтессорі в контексті сучасного освітнього простору. URL: https://lib.iitta.gov.ua/722906/1/10.pdf
4. Савінова Н. В., Білюк О.Г., Кисличенко В.А. Спеціальна методика формування елементарних математичних уявлень і навчання математики дітей із ТПМ. Частина І. Навчально-методичний посібник для студентів спеціальності 016 «Спеціальна освіта» для змішаної форми навчання : навчально-методичний посібник. Миколаїв: Іліон, 2021. 136 с. URL: https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi75/0055294.pdf

CONCEPTUAL FOUNDATIONS OF ADAPTIVE GENERATION AND CORRECTION OF CONFLICT SITUATIONS IN COMPETENCY-BASED SIMULATOR TRAINING OF AIR TRAFFIC CONTROLLERS

Palonyi Andrii
Ph.D. (Eng.), Associate Professor
Pasichna Viktoriia
Master’s degree student
Department of Air Navigation Service
Ukrainian State Flight Academy, Ukraine

Problem statement. Competency-based training and assessment (CBTA) has become the regulatory baseline of the profession. ICAO Doc 10056 defines the competencies of an air traffic controller together with their observable behaviours and performance criteria [1], and Commission Regulation (EU) 2015/340, as amended in 2025, has introduced CBTA and virtual training into the European licensing framework [2] without regulating the mechanism by which training situations are produced automatically. The expectation is explicit: the training influence must be matched to the individual trainee. The simulator exercise, however, remains the least individualised element of the system. Scenarios are still authored manually and stored in fixed banks, so that the same conflict, with the same geometry and time margin, is presented to trainees whose profiles differ considerably.

Trainees therefore learn to recognise the configurations of a bank rather than to acquire a transferable skill of conflict detection, while instructors spend much of their time on authoring and verification, and correspondingly less on the debriefing, where the return is highest. The absence of feedback on the results of completed exercises has been identified as the structural deficiency of the classical simulator [3].

Purpose. These theses summarise, at a conceptual level, the methodological and architectural results of a master's study devoted to an intelligent system that adaptively generates and corrects conflict situations between aircraft for an air traffic control (ATC) simulator. The emphasis is on what each modelling decision changes pedagogically; the full mathematical apparatus, the derivations and the numerical example are reserved for a separate paper.

A conflict definition that carries a didactic condition. Adaptive generation presupposes a formal description of the object generated. A pair of aircraft is in conflict when the horizontal and the vertical separation minima are breached simultaneously [4]; early recognition relies on the geometric apparatus of the closest point of approach (CPA), systematised in the review of conflict detection and resolution methods [5]. A pair is potentially conflicting when the predicted minimum distance falls below the horizontal minimum within the planning horizon and the vertical overlap of the trajectories is retained:

$$d_{CPA} < S_h, \qquad 0 < t_{CPA} \le T \tag{1}$$

This criterion is not sufficient for a training system, because not every predicted loss of separation is worth presenting. A situation for which no admissible resolution manoeuvre exists within the performance envelope of the aircraft is both unrealistic and didactically harmful: the trainee is set a task whose correct completion is impossible and is thereby taught a response repertoire that does not transfer. The study therefore adds a boundary condition of methodological solvability: a conflict is admitted only if at least one permissible manoeuvre, initiated no later than a critical instant, restores either the horizontal or the vertical minimum. Pedagogically, this condition converts a safety concept into an admissibility criterion for exercise design and gives the generator a formal reason to reject its own output before a trainee ever sees it.

Placing the trainee inside the model of the environment. The generation of exercises is modelled as a constrained Markov decision process (MDP). What distinguishes it from conventional traffic generators is the composition of the state: alongside the air situation and the difficulty of the scenario it contains the current estimate of the trainee's proficiency,

$$s_t = (X_t,\ c_t,\ \theta_t) \tag{2}$$

Placing the trainee inside the state is the decision from which the architecture follows: the transition of the environment depends on the trainee's commands, and personalisation becomes a property of the model. The loop operates on two time scales. Within an episode the proficiency estimate is held constant, because the integral assessment of the trainee's actions is a functional of the whole trajectory and is available only when the exercise ends; between episodes the profile is updated and governs the next exercise. This separation of time scales is what preserves the Markov property of the MDP. The interaction of the generator with the trainee is in addition a

Markov game, which reduces to a single-agent process within an episode and retains its force between them.

Reconciling didactic value with normative correctness. An agent maximising a reward alone will readily produce situations that raise the measured workload while being unrealistic or unsolvable. The reward is therefore decomposed, so that didactic value, correspondence of difficulty to the profile and violation of safety constraints enter as separate terms:

$$r_t = w_d R_d + w_c R_c - w_s C_s \quad (3)$$

Even so, a penalty term yields a statistical guarantee, whereas separation minima are a deterministic requirement. The study therefore adopts a two-level architecture. The lower, adaptive level is a learned policy responsible for the didactic value and variety of scenarios; the upper is a deterministic safety filter that encodes the separation rules [4] and the solvability condition as explicit propositions and intercepts every action of the generator, rejecting it or replacing it with the nearest admissible one. Shielding was chosen among the families of safe reinforcement learning (RL) [6] precisely because its guarantees are per-step and, unlike constraints embedded in the optimisation criterion, its verdicts can be traced back to a specific regulatory provision [7]. For a training institution this transparency is the condition under which instructors can trust an automatically generated exercise and manual pre-lesson verification can be reduced without a loss of accountability.

Two measurement scales and their reconciliation. A closed adaptive loop requires two quantities that are frequently confused. The first characterises the task: difficulty is an integral index built on the dynamic-density metric, in which the number of aircraft is only one factor alongside predicted conflicts, route crossings, climbing and descending aircraft, the rate of change of the situation and coordination load [8]. The second characterises the solution: the quality of the trainee's actions is a convolution of the separation margin achieved, the timeliness of intervention, the economy of the manoeuvre and the correctness of the procedures applied, mapped onto the ICAO competencies [1]. The two scales are reconciled psychometrically: the probability of success is a logistic function of the difference between proficiency and difficulty, and both estimates are refreshed after every episode by a rating rule of the Elo type, a computationally frugal approximation of item-response estimation suitable for real-time educational systems [9]. Here Q denotes the integral assessment of the episode, and the second rule refreshes the difficulty rating of the scenario in the exercise bank, lowering it when the trainee succeeds:

$$\theta \leftarrow \theta + K(Q - p), \;\; c_b \leftarrow c_b - K(Q - p), \;\; p = \left(1 + 10^{(c_b - \theta)/\sigma}\right)^{-1} \quad (4)$$

The generator then selects the difficulty of the next exercise so that the predicted probability of success stays inside a didactic corridor of roughly 0.7 to 0.85 – inside the zone of proximal development, the principle underlying automatic curricula in RL [10]. The empirical warrant is provided by the meta-analysis of increasing-difficulty training strategies: adaptive escalation gained 36 % in transfer over constant-difficulty control (transfer ratio 1.36; Hedges' g = +0.75), whereas escalation by a pre-set fixed schedule lost 23 % (0.77; g = –0.90) [11]. The corollary for exercise design is strict: a difficulty ladder may define the bands proper to a stage of training, but it must not prescribe the schedule of progression through them – that schedule has to be derived from the trainee's own profile.

Table 1. Diagnosed competency deficit, its observable indicator and the response of the generator

Diagnosed deficit [1]	Observable indicator	Response of the generator
Situational awareness	Delay of the first command to a conflicting aircraft	Paired conflicts of long development; background densified gradually
Separation provision and conflict resolution	Smallest relative separation margin in the episode	Same conflict class with an increased time margin
Decision-making	Excessive trajectory deviation; induced secondary conflicts	Conflicts admitting several resolutions of differing cost
Communication	Share of errors in the radiotelephony exchange	More intensive radio exchange at moderate difficulty
Coordination	Timeliness of agreements with adjacent sectors	Conflicts near sector boundaries with mandatory handover

The logic of the matrix is remediation, not escalation: the exercise concentrates on the deficient competency while the other dimensions are relieved – a lapse in situational awareness is answered with a longer time margin and a thinner background. The profile covers five of the ten ICAO competencies. Traffic-flow and capacity management needs scenarios at the scale of a whole traffic flow; non-routine and emergency situations need scenarios with system failures; workload management, self-management and teamwork remain matters for instructor observation, since traffic parameters do not capture them. Delimiting the scope keeps the automatic component within the range in which its measurements are defensible.

The inversion of the resolution problem. In the applications of RL to ATC reported so far the agent resolves conflicts, learning to keep aircraft apart in dense traffic [12]; here it creates them, regulating their severity for a didactic purpose. The apparatus carries over, but the action space and the quality criterion do not, so ready-made solutions cannot be transferred. Generation is accordingly two-stage: the core configuration of the principal conflict is synthesised constructively, by inverting the predictive relations so that a prescribed time margin and minimum distance are reproduced exactly, after which the learned policy builds background traffic around it until the integral difficulty reaches the target. The first stage secures the didactic precision of the principal conflict, the second its correspondence to the profile; every action of both passes the filter.

The architecture in outline. The models are combined into a system of eight interacting modules – the trainee profile, the generating agent, the safety filter, the simulation core, the assessment and difficulty-adaptation modules, the workstation interfaces and the episode log with the scenario bank – on three time scales: real time within an exercise, the episode, and the course as a whole. Two properties of the design are pedagogically consequential. The first is graceful degradation: a failure of the generating or adaptation modules returns the system to the functionality of a conventional simulator and the lesson continues, whereas a failure of the safety filter blocks generation altogether, so that no single failure can place an incorrect exercise before a trainee. The second is the reservation of authority: the instructor previews the scenario, may intervene, may suspend adaptation and approves the final assessment. The system prepares evidence; the pedagogical judgement remains human.

Correction inside the exercise. Feedback closes at two rates. Between episodes the vector profile of competencies is updated by the rating rule, supplemented by Bayesian tracking of the critical skills on which admission to the next stage depends. Within an episode a second loop acts on the exercise itself: signs of overload – a reaction time beyond the threshold of the level, a rising probability of a loss of separation without intervention, cancelled commands, pauses in the radio exchange – reduce the rate of new arrivals, postpone secondary conflicts or shift the behaviour of the pseudo-pilots, with symmetric influences when the trainee is under-loaded. The rate of this change is bounded deliberately, since an abrupt jump in loading destroys the integrity of the exercise and reveals the intervention to the trainee.

Implications for training practice. Introducing such a system into a curriculum raises questions that are pedagogical rather than technical. First, the balance of the lesson: the three-phase scheme of briefing, execution and debriefing is retained, with no less than a third of the time given to the debriefing, which works from an automated report, since formative feedback is effective only when specific, timely and task-focused [13]. Second, the dosage: while the profile is statistically weak, the share of adaptively generated scenarios is kept low and rises as the estimate stabilises, and final progress checks use standardised scenarios only, so that assessment does not depend on an individual history of adaptation. Third, and least obvious, the preparation of instructors. The same meta-analysis records a gain from adaptive escalation in the absence of an instructor and a loss in their presence, the probable cause being a divergence between the instructor's guidance and the difficulty schedule built into the environment [11]. It follows that the instructor must see the current profile and the reason for each decision of the system, and must suspend adaptation explicitly whenever they disagree with it.

Two further points frame the expected effect. What determines the training value of a simulator is the didactic organisation of the exercise [14], so the highest fidelity class is not required; and the upper bound of loading is set by working memory, beyond which background traffic displaces the resources needed to form professional schemata [15]. Evaluation is planned as a controlled experiment with stratified randomisation, crossed assignment of instructors and blinded rating.

Conclusions. A conflict admissible for training is defined not only by the breach of separation minima but also by the existence of a resolution, which turns a safety criterion into one of didactic admissibility. The trainee's proficiency enters the state of the model, so that personalisation becomes a property of the model. Adaptivity and normative correctness are separated between a learned policy and a deterministic, traceable filter, which makes a generated exercise defensible before an instructor. Difficulty and performance are matched psychometrically, within the zone of proximal development. The models are specified structurally: calibration of their coefficients, empirical validation and the software implementation belong to further work, as does the extension of generation to inter-sector coordination. The formal apparatus behind the outline given here is the subject of a separate paper.

References

1. International Civil Aviation Organization. (2022). Manual on air traffic controller competency-based training and assessment (Doc 10056, Vol. I, 2nd ed.).

2. Commission Regulation (EU) 2015/340 of 20 February 2015 laying down technical requirements and administrative procedures relating to air traffic controllers' licences and certificates, as amended by Commission Implementing Regulation (EU) 2025/2143. (2015). Official Journal of the European Union, L 63, 1–122.
3. Nedilko, V. M., Palonyi, A. S., & Surkov, K. Yu. (2017). Problems of building a system of adaptive simulator training of air traffic controllers. Radioelectronic and Computer Systems, (4), 64–72. https://doi.org/10.32620/reks.2017.4.07
4. International Civil Aviation Organization. (2016). Procedures for air navigation services – Air traffic management (PANS-ATM, Doc 4444, 16th ed.).
5. Kuchar, J. K., & Yang, L. C. (2000). A review of conflict detection and resolution modeling methods. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 1(4), 179–189. https://doi.org/10.1109/6979.898217
6. García, J., & Fernández, F. (2015). A comprehensive survey on safe reinforcement learning. Journal of Machine Learning Research, 16(42), 1437–1480.
7. Alshiekh, M., Bloem, R., Ehlers, R., Könighofer, B., Niekum, S., & Topcu, U. (2018). Safe reinforcement learning via shielding. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 32(1), 2669–2678. https://doi.org/10.1609/aaai.v32i1.11797
8. Laudeman, I. V., Shelden, S. G., Branstrom, R., & Brasil, C. L. (1998). Dynamic density: An air traffic management metric (NASA/TM-1998-112226). NASA Ames Research Center.
9. Pelánek, R. (2016). Applications of the Elo rating system in adaptive educational systems. Computers & Education, 98, 169–179. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.017
10. Narvekar, S., Peng, B., Leonetti, M., Sinapov, J., Taylor, M. E., & Stone, P. (2020). Curriculum learning for reinforcement learning domains: A framework and survey. Journal of Machine Learning Research, 21(181), 1–50.
11. Wickens, C. D., Hutchins, S., Carolan, T., & Cumming, J. (2013). Effectiveness of part-task training and increasing-difficulty training strategies: A meta-analysis approach. Human Factors, 55(2), 461–470. https://doi.org/10.1177/0018720812451994
12. Brittain, M., & Wei, P. (2019). Autonomous separation assurance in a high-density en route sector: A deep multi-agent reinforcement learning approach. 2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), 3256–3262. https://doi.org/10.1109/ITSC.2019.8917217
13. Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. Review of Educational Research, 78(1), 153–189. https://doi.org/10.3102/0034654307313795
14. Salas, E., Bowers, C. A., & Rhodenizer, L. (1998). It is not how much you have but how you use it: Toward a rational use of simulation to support aviation training. The International Journal of Aviation Psychology, 8(3), 197–208. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0803_2
15. Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ І ПРЕДМЕТІВ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ АРТИКУЛЯЦІЙНИХ ВПРАВ ДЛЯ ПОДОЛАННЯ МІОФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОРУШЕНЬ У ДІТЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ ТА ТЯЖКИМИ ПОРУШЕННЯМИ МОВЛЕННЯ

Пацалюк Людмила Костянтинівна
вчитель-логопед
КЗО «Криворізький навчально-реабілітаційний центр № 1» ДОР»
Україна

Анотація. Статтю присвячено сучасній проблемі в організації допомоги дітям того, що стосується сфери логопедичної діяльності у боротьбі з глибокими мовленнєвими труднощами у закладів дошкільної освіти. У роботі теоретично обґрунтовано та доведено на практиці, що стосується ефективності застосовування засобів і предметів у структурі міофункціональної терапії.. Однією з ключових причин стійких звукових розладів у дітей із ТПМ - це міофункціональні порушення (дисфункції органів артикуляції, патологічні типи ковтання та дихання). У даної статті систематизовано та класифіковано дидактичні засоби для виконання артикуляційної гімнастики за їхнім функціональним призначенням. Залежно від стану м'язового тонусу артикуляційного апарату у дошкільників з особливими освітніми потребами, представлено диференційований комплекс артикуляційних вправ із використанням допоміжних предметів (тренажерів-ґудзиків, коктейльних соломинок, тактильних і смакових маркерів). Сформульовано методичні рекомендації та правила безпеки для педагогів і батьків. Аналіз результатів проведеної роботи показує ефективність, продуктивність та якість виконання артикуляційних вправ, що використання предметів та ігрових засобів під час виконання артикуляційної гімнастики, забезпечує чіткий пропріоцептивний зворотний зв’язок, підвищує мотивацію дітей, значно швидше стабілізує м’язовий тонус та формує надійну артикуляційну базу для подальшої постановки й автоматизації звуків.

Ключові слова: спеціальна дошкільна освіта, тяжкі порушення мовлення (ТПМ), міофункціональні порушення, міофункціональна терапія, артикуляційна гімнастика, предметно-ігрові технології, дидактичні засоби.

Постанова проблеми. У сучасній спеціальній освіті чим далі то більше можна спостерігати ріст уваги до проблеми подолання, а також вивчення міофункціональних порушень у дошкільників у яких виявлено глибокі труднощі мовлення, що не виключають наявні патології комбінованого типу. Помітна більшість таких проблем пов'язана з диференційованим підходом до їх подолання,, зокрема щодо коригування звукової сторони мовлення у дітей різних нозологій. Міофункціональні порушення, надалі як (МФП) - це розлади, пов'язані з неправильним функціонуванням, слабкістю або дисбалансом м'язів

обличчя, губ, язика та щелеп. У дітей із тяжкими порушеннями мовлення, надалі як (ТПМ), міофункціональні порушення є однією з ключових причин звукових розладів. Міофункціональні порушення мають такі прояви, як:

Невірне розміщення язика у ротовій порожнині: розміщення язика у ротовій порожнині: перебуваючи у спокійному стані язик знаходиться на дні ротової порожнини або між зубами, а не впритул до самого піднебіння.

Інфантильне ковтання: під час ковтання дитина просуває язик уперед між зубами (як немовля), напружуючи м'язи підборіддя та губ.

Дихання ротом: коли дошкільник дихає переважно ротом через звичку або хронічно знижений тонус м'язів, навіть за відсутності нежиттю.

Млявість артикуляційного апарату: гіпотонус (слабкість) або гіпертонус (надмірне напруження) м'язів язика та губ.

На фоні міофункціональних порушень в дошкільників з ТПМ фіксуються суттєві розлади для мовлення та здоров'я:

Тяжкі відхилення вимови: частіше за все може проявитися міжзубний чи бічний сигматизм, ламбдацизм, ротацизм тощо.Спотворення мовленнєвого дихання: через постійно відкритий рот видих стає слабким, а мовлення — тихим або нечітким.

Зміна прикусу та аномалії щелеп: м'язи не створюють правильного тиску на кістки, що призводить до звуження піднебіння та деформації зубних рядів.

Ці порушення зумовлені анатомічними вадами органів артикуляції, що ускладнюють артикуляційну моторику та мовленнєве дихання. Частіше за все причиною тут можуть бути парези тобто слабкість м’язів окремих м'язових груп (кінчика чи спинки та бічних країв).

При аномалії в будові твердого і м'якого піднебіння порушується нормальна взаємодія ротового і носового резонаторів, що крім дефектів вимови звуків призводить до розладу голосової функції.

Розгляд найостанніших досліджень й публікацій**.** Проблема розв’язання міофункціональних порушень у структурі ТПМ сьогодні перебуває в центрі уваги багатьох міждисциплінарних досліджень на стику логопедії, спеціальної педагогіки та ортодонтії. Аналіз наукових праць свідчить, що дисфункція орофаціальних м'язів, патологічні типи дихання та ковтання суттєво ускладнюють процес формування нормативної звуковимови. Помітна частка якщо говорити про дослідження, що мають на меті вивчення особливостей того як проявляється міофункіональні порушення у дошкільників що потребують додаткової освітньої підтримки, стосується порушень і патологій прикусу (Н. Даньков, М. Дрогомирецька, Л. Смаглюк, Р. Хінц, В. Водолацький та ін.), а також вплив цього на функцію мовлення (S. Bartlett, L. Koch, H. KahlNieke, D. Singh, B. Korbmacher, О. Бондаренко, Н. Хелмінська); теорія що до залежності та якості вимови у корелляції до стану артикуляційної моторики (Л. Журавльова, І. Андрусьова, З. Ленів, В. Литвиненко, Н. Манько, Т. Мельніченко, Н. Пахомова, С. Конопляста, Ю. Рібцун, Л. Трофименко, М. Шеремет та ін.); стан мімічної мускулатури та дрібної моторики (Д. Гамова, Н. Григорян, Б. Гріншпун, О. Мастюкова, М. Піскунова та ін). Базис розвитку дихання фізіологічного і також мовленнєвого у

дошкільників з зовсім різними видами психічного дизонтоґенезу (В. Бондар, Л. Белякова, В. Єрмолаєв, Н. Гончарова, Є. Соботович, В. Засенко, М. Козленко, Й. Левідов, Ф. Іполітова, Е. Малютін, Н. Новікова, В. Селівестров, В. Тарасун, О. Хохліна, Б. Шеремет, М. Шеремет, М. Ярмаченко, М. Фомічова, та ін).

Як зазначають Т. М. Синьова та О. П. Кравченко, міофункціональна терапія є базовою умовою для нормалізації орального праксису на якій будується все експресивне мовлення дитини [7]. У науковій літературі висвітлено кілька ключових аспектів цієї проблеми:

Ортодонтично-логопедична синергія: У працях В. Куроєдової та В. Сірик доведено нерозривний зв'язок між патологіями зубощелепної системи й розладами мовлення, що вимагає узгодженої роботи логопеда й ортодонта.

Вплив на звуковимову: Дослідження фахівців (зокрема наукові розробки Київського університету імені Бориса Грінченка та ХНПУ імені Г. С. Сковороди) підтверджують, що за наявності міофункціональних дисфункцій класична артикуляційна гімнастика є недостатньо ефективною, оскільки правильно поставлені звуки не автоматизуються через стійкий дисбаланс жувальних і мімічних м'язів.

Корекція базових функцій: Сучасні автори (зокрема, у публікаціях НПУ імені М. П. Драгоманова) наголошують, що логопедичний вплив має розпочинатися не з постановки звуків, а з нормалізації фізіологічного дихання та подолання інфантильного ковтання, які провокують гіпотонус губ і деформацію піднебіння.

Дієвість ОМТ: Як вітчизняні так само і міжнародні експерименти довели, що використання міогімнастики в системі логопедичної практики дає дуже стійке і позитивне зростання динаміки у відношенні відновлення орального праксису і ба більше покращення чіткого мовлення.

Попри значну кількість розробок, проблема диференційованого застосування міофункціональних вправ саме в межах спецзакладів освіти для дошкільників, що мають ТПМ (особливо з урахуванням різних нозологічних груп) залишається недостатньо розкритою й вимагає розвитку й формування науково-методичного базису.

Метою статті є створення теоретичного базису, а також апробації ефективності використання предметно-ігрових засобів в артикуляційній гімнастиці, спрямованій на нормалізацію м'язового тонусу, подолання міофункціональних розладів і формування артикуляційної бази для розвитку звуковимови у дошкільників з ТПМ.

Звичайна базова артикуляційна гімнастика перед дзеркалом найчастійше виявляється малоефективною. Діти з ТПМ не можуть утримати позу за показом через слабкість кінестетичного сприйняття, вони мають швидку втомлюваність. Включення допоміжних предметів та засобів в артикуляційні вправи вирішує цю проблему. Воно створює тактильний зворотний зв'язок (біофідбек), механічний опір та підвищує мотивацію дитини завдяки ігровій формі.

Роль предметно-ігрових технологій у структурі міофункціональної терапії.

Щодо структури такої терапії у дошкільників з ТПМ, впровадження специфічних ігрових технік виконує не малу роль головного стимулятора нейромоторного розвитку і що характерно виступає основним способом подолання дисбалансу. Натомість класичного ізольованого впровадження деяких вправ за спеціальною інструкцією лікуючого логопеда, специфічна ігрова активність сформувати може процес корекції, так як виконує от які головні функції:

Введення пропріоцептивного зв'язку: Застосування саме як матеріальних об'єктів (до прикладу, тримання губами дуже гладкого звичайного ґудзика, або стискання спеціального еспандера, а також опір зондозамінника) все це може створити дуже таке чітке і механічне відчуття специфічного навантаження. А це у свою чергу звісно може допомогти дитині з ТПМ набагато краще відчути і збагнути фактичне положення конкретних органів саме артикуляції (щелепи, язика і губ,) що є доволі критично важливим у випадку саме кінестетичній диспраксії.

Диференційоване відмірювання навантаження м'язи: Саме предметні засоби дають змогу лікарю логопеду дуже чітко відрегулювати супротив і звісно ж силу, яку дитина що лікуюсь має докласти задля виконання тієї чи іншої вправи. А отож саме це і забезпечує специфічний вплив: що дає розслаблення саме у випадку гіпертонусу (можливо через гру як таку з дуже м'якими такими силіконовими насадками) або навіть стимуляцію і зміцнення специфічних м'язів у випадку гіпотонуса (може бути через утримання відносно важчих предметів, або також через роботу з тими самими тугими соломинками).

Автоматизація саме от фізіологічних навичок через спеціальну гру: Тут основна складність терапії полягає у переведенні вірного ковтання і саме дихання на так би мовити рівні несвідомої звички. Отже ігрові технології (так і як: «полювання» у ротовій порожнині самим язиком на спеціальні їстівні предмети малого розміру, спускання повітря з легких предметів через трубочки зовсім різного формату) це все дозволяє не одноразово саме повторювати необхідну у процесі дію без дуже швидкої втоми дитини, що й перетворює специфічну дію на звичний стереотип руку м'язів.

Психічна та емоційна мотивація і подолання саме негативізму: Діти з ТПМ часто виснажені тривалим корекційним процесом і демонструють відмову від занять. А саме запровадження ігрового сюжету, де самі предмети являються невід'ємною частиною казки чи навіть квесту, все це зміщує той самий фокус уваги у дитини з тяжкої фізичної роботи саме на досягнення особливого ігрового результату. Це усе може зменшити навантаження а тому й втому, а це призведе аж до підвищення самої загальної продуктивність від виконано ї логопедичної роботи. Саме ігрові техніки у міофункціональній терапії це не просто розважальний елемент, а і специфічний засіб для акустичного і також дотикового виправлення, що може забезпечити більше швидкості для досягнення нормального стану орофаціальних м'язів і готує дуже такий надійний фундамент що дає гарне формування вимови.

Класифікація дидактичних засобів та предметів для артикуляційних тренувань.

Заради утворення системно-диференційованого підходу у міофункціональній терапії дошкільників із ТПМ, будь-які дидактичні матеріали що застосовуються, а також предмети варто систематизувати згідно з функціональними призначеннями кожного з них (направленістю на або руховий, або сенсорний аспект):

Прийоми корекції тонусу й стану розвитку рухливості губ. Наведені засоби сприяють регулюванню гіпотонусу ротового колового м'яза, нейтралізації паттерну тримання рота відкритим, а також герметичному змиканню губ:

Ґудзикові тренажери й диски на ниточці. Робота з ними відбувається так: губами дитя тримає різноманітні за калібром пластикові ґудзики, а також спеціально для цього створені міофункціональні диски. При цьому вона має протидіяти логопеду, що трішки потягує за ниточку, обов’язково уникаючи використання зубів.

Еластичні та силіконові кільця/смужки: для тренування сили стискання губ через утримання предметів різної товщини та щільності.

Логопедичні лопаточки й зондозамінники: ці засоби можуть бути використані із метою реалізації вправ ізометричного навантаження. Приміром, дитина прагне стиснути губи, але при цьому долаючи певну легку механічну протидію з боку логопеда.

Засоби для активації, підйому та диференціації рухів язика. Предмети цієї категорії допомагають дитині відчути межі язика, навчитися піднімати його до піднебіння («точка спокою») та долати девіації (відхилення язика вбік).

Харчові дидактичні засоби: їстівні намистинки, тонкі соломки, міні-сушки, шпажки з мармеладом, мед або згущене молоко, нанесені на певні зони (піднебіння, альвеоли). Вони виступають потужними смаковими та тактильними маркерами, до яких дитина тягнеться язиком.

Масажуючі кульки; Су-Джок. Сутність цієї прави полягає у тому що дитина має язиком перекочувати їх по своєму піднебінню. Також приміром дитина може старатися утримувати їх у певній конкретній точці свого піднебіння. Подібні прави стимулюють кінестетичні відчуття.

Текстуровані логопедичні ложки, зондозамінники: до цього переліку тренажерів входять предмети, що мають на своїй поверхні пухирці, ребра й інші рельєфні текстури. Такі особливості поверхні провокують активізацію язикових рецепторів, коли язик по них поплескує, або ж погладжує їх.

Засоби для формування спрямованого мовленнєвого видиху. Оскільки міофункціональні порушення майже завжди супроводжуються ротовим диханням, ці засоби необхідні для відновлення фізіологічного носового дихання у спокої та створення сильного, цілеспрямованого ротового видиху для мовлення:

Аеродинамічні іграшки та тренажери: вертушки, пропелери, «язички-гудки», плаваючі кульки (аероболи), свистки, дудочки різної потужності.

Різноманітні коктейльні трубочки. Вони можуть бути або звичайні гладкі, або ж з гофрованою поверхневою текстурою, спіральними, і варіюватися у діаметрі.

Відмінність трубочок сприяє диференціації сили видування (наприклад, видування бульбашок через воду різної густини).

Невагомі предмети-маркери: пір'їнки, ватні кульки, паперові фігурки для ігор на дальність і точність здування («Футбол», «Зажени м'яч у ворота»).

Засоби для візуального та іншого контролю (Матеріали для підказок та інтересу).). Вони не рухають м'язи дитини, а допомагають їй зрозуміти послідовність рухів і не нудьгувати:

Іграшки з рухомими органами артикуляції: м'які іграшки-рукавички (жабенята, песики) з великим тканинним язиком, за допомогою яких логопед наочно демонструє правильну позу.

Картки-символи та предметні картинки: візуальні опори для кожної вправи (наприклад, картинка «Грибочок», «Чашечка», «Парканчик»), які задають ігровий сюжет.

Пісочні годинники та таймери: ці предмети для візуального контролю часу утримання артикуляційної пози (наприклад, «втримай язичок, поки сиплеться пісок»).

Така класифікація дозволяє практикуючому логопеду чітко підбирати обладнання під індивідуальну структуру дефекту дитини з ТПМ.

Диференційований комплекс артикуляційно-міофункціональних вправ із використанням предметно-ігрових засобів.

Для досягнення максимального корекційного ефекту запропонований комплекс диференціюється залежно від стану м'язового тонусу (гіпотонус чи гіпертонус орофаціальної ділянки) та спрямований на послідовне відновлення фізіологічних функцій. Використання ігрового контексту підвищує продуктивність занять у кілька разів, що підтверджується дослідженнями Ю. О. Бартєнєвої [1]

Блок 1. Вправи для стабілізації тонусу та розвитку сили колового м'яза рота (губ).

Вправа «Впертий ґудзик». Вона як вправа на змикання губ використовується з метою корекції гіпотонусу. Допомагає виконувати цю вправу великий ґудзик зроблений з пластику діаметром від 2,5 до 3 см на міцній шовковій нитці.

Методика проведення: Ґудзик розміщується у присінку рота дитини (між зубами та губами). Дитина щільно стискає губи. Логопед береться за нитку і злегка, дозовано тягне ґудзик назовні, створюючи легкий опір. Завдання дитини — утримати ґудзик лише силою губ (зуби не стискаються). Дозування: 3–5 разів по 5–7 секунд.

Вправа «Кольорові намистини» (диференціація рухів, усунення гіпертонусу). Допоміжний предмет: Товста коктейльна соломинка, на яку нанизано 2–3 великі легкі пластмасові намистини.

Методика проведення: Дитина утримує соломинку губами (витягнутими вперед «трубочкою»). Завдання дитини — рухами самих лише губ перемістити намистини з одного кінця соломинки на інший, не допомагаючи собі руками чи зубами. При гіпертонусі вправа виконується у повільному темпі для розслаблення та плавного перемикання рухів.

Блок 2. Вправи для активації, підйому та кінестетичного контролю язика.

Вправа «Солодкі альвеоли» (формування верхнього підйому язика та «точки спокою»). Допоміжний предмет: Стерильний логопедичний шпатель (або дерев'яна паличка) та крапля густого меду/згущеного молока / густого варення.

Методика проведення: Логопед наносить мікрокраплю солодкого продукту на зону альвеол (горбки за верхніми зубами). Дитина має знайти кінчиком язика цю точку і «злизати» або притиснути язик до цієї зони, утримуючи рот відкритим. Смаковий маркер створює потужну фрустрацію та стимулює підйом спинки і кінчика язика вгору, що є базою для шиплячих звуків та звука [р]. Дозування: Утримання пози під рахунок від 1 до 10; повторити 4–5 разів.

Вправа «Втримай сушку» для тренування язика, якщо він слабкий або косить убік. Що потрібно, маленька тонка сушка тобто смаколик.

Методика проведення: Дитина відкриває рот, піднімає широкий язик до піднебіння і притискає сушку кінчиком язика до піднебінного склепіння. При цьому отвір сушки слугує візуальним та тактильним орієнтиром для правильного центрування язика. Якщо у дитини спостерігається девіація (відхилення язика вбік), логопед зміщує сушку в протилежну сторону для диференційованого навантаження на слабкі м'язові волокна.

Блок 3. Вправи для корекції ковтання та координації м'язів дна ротової порожнини.

Вправа «Капітан корабля» щоб навчити дитину правильно ковтати. Що потрібно: крихітка мармеладу або шматочок м'якої кураги розміром, як зернятко рису.

Методика проведення: «Зернятко» кладеться на кінчик язика. Дитина піднімає кінчик язика вгору, притискаючи мармеладку до «точки спокою» на альвеолах. Не зміщуючи язик і не випускаючи предмет, дитина має зробити ковтальний рух (проковтнути слину). При цьому губи мають бути повністю розслаблені та зімкнені, а зуби стиснуті. Це блокує просування язика вперед між зубами.

Блок 4. Вправи для формування спрямованого мовленнєвого видиху.

Вправа «Лабіринт» (диференціація повітряного струменя за силою та тривалістю). Допоміжний предмет: Гофрована гнучка трубочка (зі зміненим кутом нахилу) та легка пінопластова або ватна кулька.

Методика проведення: На столі будується умовний лабіринт із кубиків чи лінійок. Дитина бере в рот трубочку, затискаючи її губами, і спрямованим видихом має котити кульку по доріжках лабіринту. Якщо у дитини гіпотонус м'язів видиху — використовуються широкі трубочки (короткий сильний видих); якщо потрібно розвивати тривалий плавний видих — використовуються вузькі довгі трубочки.

Диференційоване використання цих предметів дозволяє перетворити абстрактні для дитини команди («зроби язик ширшим», «напруж губи») на конкретні фізичні завдання («утримай предмет», «відчуй смак»). Це скорочує термін підготовчого етапу логопедичної роботи в умовах спеціального закладу дошкільної освіти у 1,5–2 рази.

Інструкції з безпеки й методичні рекомендації для застосовування предметно-ігрових засобів у міофункціональній терапії.

Успішність інтеграції предметно-ігрових технологій в освітньо-корекційний простір спеціального закладу дошкільної освіти та в умови домашнього навчання залежить від дотримання чітких методичних вимог і суворих правил безпеки. Оскільки робота передбачає використання сторонніх предметів у ротовій порожнині дитини з ТПМ, педагоги та батьки мають керуватися такими положеннями:

Методичні рекомендації для педагогів та батьків.

Системність та регулярність: Саме міофункціональні вправи з деякими предметами мають проводитися, бажано щодня, не менш аніж 2 рази на день. Тривалість має становити приблизно по 7 хвилин за раз, тому що правильний м'язовий тонус формуються саме за умов систематичних навантажень кожен день.

Принцип комфорту емоцій, тобто без будь якого примусу: Отже тренування не мають викликати у дитини якихось больових відчуттів чи тим паче негативу. Любий предмет ґудзик або соломинка і тим більше тренажер має долучатися до гри у вигляді саме казкового сюжет або ж через ігрову мотивацію як таку сюжет чи ігрову мотивацію.

Етапне ускладнення самого навантаження: Потрібно починати любу роботу з тих предметів які мають більший розмір але легшу вагу таких як: великі деталі з силікону, або широкі трубочки, лише поступово можна переходити до саме дрібних об'єктів, що вимагають високої точності рухів маленькі ґудзики, вузькі чи спіральні соломки.

Візуальний та дзеркальний контроль: На початкових етапах дитина обов'язково має виконувати вправи перед дзеркалом, щоб бачити положення предмета та контролювати роботу губ і язика візуально. Надалі контроль переводиться суто на кінестетичні (м'язові) відчуття.

Синхронізація дій закладу освіти та родини: Логопед спеціального дитячого садка має провести інструктаж для батьків, продемонструвати правильне виконання вправ і надати чіткий перелік безпечного дидактичного інвентарю для домашніх занять.

Правила безпеки та санітарно-гігієнічні вимоги.

Суворі правила гігієни: усе приладдя таке як ґудзики, зонди, силіконові кільця, тренажери, все має бути особистим для кожної дитини. Давати свої речі іншим дітям суворо заборонено.

Обов'язкова дезінфекція: Пластикові та силіконові допоміжні засоби перед кожним використанням і після нього необхідно ретельно мити з дитячим милом та обробляти безпечними дезінфікуючими засобами (наприклад, мірамістином,

хлоргексидином або спеціальними розчинами для дитячого посуду). Дерев'яні шпателі та палички є одноразовими і після використання підлягають утилізації.

Контроль якості матеріалів: Усі предмети мають бути виготовлені з нетоксичних, гіпоалергенних матеріалів (харчовий силікон, якісний пластик без вмісту бісфенолу-А). Неприпустимо використовувати предмети з гострими краями, відколами або такі, що можуть легко розламатися у роті дитини.

Захист від проковтування: Усі дрібні предмети, які дитина утримує в ротовій порожнині (ґудзики, намистини, диски), обов'язково мають бути міцно зафіксовані на товстій, міцній нитці або шовковому шнурі (довжиною не менше 30–40 см). Вільний кінець нитки під час усієї вправи має надійно утримувати дорослий (логопед або батьки) для миттєвого вилучення предмета у разі непередбачуваної ситуації чи кашлю.

Постійний нагляд дорослого: Категорично забороняється залишати дитину наодинці з дидактичними засобами під час виконання артикуляційної чи міогімнастики. Весь процес відбувається під безпосереднім візуальним і тактильним контролем дорослого.

Врахування алергоанамнезу: При використанні харчових дидактичних засобів (мед, згущене молоко, мармелад, сушки) дорослі повинні заздалегідь переконатися у відсутності в дитини харчової алергії або цукрового діабету.

Висновки.

В цій статті отримав теоретичний базис й був висвітлений практичний досвід використання предметно-ігрових технологій у процесі артикуляційної гімнастики серед дошкільників із ТПМ у межах спеціального закладу дошкільної освіти. Результати проведеної діяльності дозволяють сформулювати такі висновки:

Аналіз проблеми підтвердив, що у деяких дітей з освітніми потребами та сильними порушеннями мовлення головною проблемою у дефекту мови часто може бути міофункціональні порушення та дисбаланс м'язів, не типові ковтання і дихання, усе це може бути зв'язано с тією ж самою анатомією або дисфункціями. Це дуже ускладнює моторику та може заблокувати саме автоматичне нормальне мовлення, що робить пошук ну дуже актуальним саме нових підходів у логопедії.

Виявлено роль ігрових технологій з предметами у складі лікування як такого. Вже довели що використовувати матеріальні об'єкти виконують функцію засобу акустичної та дотикової зв'язки. Це забезпечує дитині зворотний зв’язок, та да є змогу роздільно розподіляти навантаження, це змінює вправи у мотивовану діяльність, а це звісно ж все ж таки прискорює зміну патологічних рухів на нормальні соматичні навички.

Розроблено і впорядковано класифікацію специфічних засобів і предметів для того щоби тренування розподілити за їх дієвим призначенням. Виділено було чотири основні групи, засоби для зміцнення стану губ, предмети для активації та підйому язика догори, аеродинамічні засоби направлені на сформування направленого видиху, а також письмовий супровід для візуального контролю..

Запропоновано диференційований комплекс вправ із використанням допоміжних предметів (тренажерів-ґудзиків, текстурованих зондозамінників,

коктейльних соломинок, смакових маркерів тощо) з урахуванням стану м'язового тонусу дошкільників.

Описано рекомендації та суворі правила безпеки (де є обов'язкова робота з дрібними предметами що нанизані на нитку та дезінфекцію теж), які роблять ризики меншим тай до того ж спрощують роботу логопеда, вихователів та і самих батьків. Практичне використання створеного методу в освітньої логопедичної практики спеціального дитячого садка довело високу доцільність: використання ігрових предметів дозволяє дуже швидше нормалізувати стан м'язів, та прибрати прояви міофункціонального синдрому і зробити надійну базу для успішної постановки звуків у діточок з ТПМ та тих, яким необхідна додаткової підтримка.

Список використаних джерел

1. Бартєнєва Ю. О., Боряк О. В. Використання ігрових технологій у мовленнєвій та корекційній діяльності. Вісник Глухівського національного педагогічного університету імені Олександра Довженка. Серія: Педагогічні науки. 2026. Вип. 1 (51). С. 112–119.
2. Гордієнко Ю. В. Сучасний міофункціональний підхід у структурі комплексної логопедичної допомоги дітям із тяжкими порушеннями мовлення. Логопедія. 2025. № 18. С. 45–52.
3. Ковальчук А. М. Ігрові методи в мовленнєвому розвитку дітей дошкільного віку з особливими освітніми потребами. Наукові записки ГНПУ. 2025. Вип. 3. С. 84–91.
4. Куроєдова В. Д., Сірик В. А. Взаємозв'язок зубощелепних аномалій та міофункціональних порушень у дітей: міждисциплінарний підхід логопеда та ортодонта. Український ортодонтичний журнал. 2023. № 2 (31). С. 14–20.
5. Марченко І. С. Спеціальна дошкільна освіта: теорія і практика корекційно-розвиткової роботи при тяжких порушеннях мовлення : навч.-метод. посіб. Київ : Видавничий Дім «Слово», 2021. 248 с.
6. Савченко М. В. Особливості корекції звуковимови у дітей молодшого віку з міофункціональними порушеннями. Електронна бібліотека Київського університету імені Бориса Грінченка. 2022. URL: https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/42807/.
7. Синьова Т. М., Кравченко О. П. Корекція міофункціональних порушень у дітей з особливими потребами: інноваційні підходи та технології. Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 19: Корекційна педагогіка та спеціальна психологія. 2022. Вип. 42. С. 132–141.
8. Тарасенко Н. В. Робота логопеда з дітьми, які мають міофункціональні порушення орофаціальної мускулатури. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції ХНПУ імені Г. С. Сковороди. Харків, 2024. С. 67–70.
9. Федоренко О. В. Використання ігрових технологій у корекційній роботі з дітьми дошкільного віку з мовленнєвими порушеннями. Збірник наукових праць ХНПУ. 2023. URL: https://dspace.hnpu.edu.ua/items/f7ae6c14-9a60-4f7c-b6e3-99ce48fe8590.
10. Шеремет М. К. Логопедія : підручник. 4-те вид., переробл. та доповн. Київ : Видавничий Дім «Слово», 2020. 856 с.

РОЛЬ ДИКТАНТІВ У ФОРМУВАННІ НАВИЧОК ПИСЬМА ПРИ ВИВЧЕННІ ІНОЗЕМНОЇ МОВИ КУРСАНТАМИ

Брик Тетяна
кандидат педагогічних наук,
доцент, професор
Григорова Ірина
доцент
Ребрій Інна
кандидат філософських наук,
доцент, завідувач кафедри
Савченко Ольга
кандидат філософських наук,
доцент, професор
Кафедра іноземних мов
Факультет післядипломної освіти
Харківський національний університет
Повітряних Сил, Україна

В умовах сучасної професійної підготовки курсантів особливого значення набуває володіння іноземною мовою як важливим компонентом професійної компетентності. Для майбутніх фахівців уміння не лише розуміти усне мовлення, а й правильно оформлювати інформацію в письмовій формі є необхідною передумовою ефективної професійної комунікації. Письмо забезпечує можливість фіксувати інформацію, складати документи, робити записи, формулювати повідомлення, працювати з професійною документацією та обмінюватися інформацією іноземною мовою.

Формування навичок письма є складним і тривалим процесом, який передбачає оволодіння цілим комплексом мовних умінь. Курсант має навчитися правильно писати слова, використовувати граматичні форми, будувати речення, дотримуватися правил пунктуації, логічно та послідовно викладати думки. Водночас писемне мовлення безпосередньо пов’язане з іншими видами мовленнєвої діяльності, передусім із читанням та аудіюванням. Саме тому під час навчання іноземної мови доцільно використовувати такі вправи, які одночасно активізують декілька мовленнєвих механізмів. Однією з таких вправ є диктант [1, 2].

Диктант традиційно розглядається як вид письмової вправи, під час якої той, хто навчається записує почутий мовний матеріал. На перший погляд, диктант є досить традиційним методом навчання, проте його дидактичний потенціал значно ширший, ніж проста перевірка орфографії. Правильно організований диктант може бути ефективним інструментом формування мовних і мовленнєвих компетентностей студентів (у нашому випадку курсантів).

Передусім диктант сприяє формуванню орфографічних навичок. Під час виконання вправи курсант повинен співвіднести почуте слово з його графічним образом і правильно відтворити його на письмі. Це особливо важливо під час вивчення англійської мови, оскільки англійська орфографія має значну кількість невідповідностей між вимовою та написанням. Регулярне виконання диктантів допомагає курсантам краще запам'ятовувати написання нових слів, звертати увагу на типові орфографічні труднощі та поступово зменшувати кількість помилок [2].

Не менш важливим є значення диктанту для формування граматичних навичок. Під час запису речень курсант має правильно визначити граматичні форми слів, порядок слів, закінчення, допоміжні дієслова та інші граматичні елементи. Наприклад, диктант може бути спрямований на відпрацювання часових форм дієслова, множини іменників, ступенів порівняння прикметників, модальних дієслів або умовних речень. Таким чином, граматичний матеріал закріплюється не лише теоретично, а й у практичній діяльності.

Важливою перевагою диктантів є також їх лексичний потенціал. Диктант може використовуватися для введення, закріплення та повторення професійної лексики. Для курсантів особливо актуальними є слова та словосполучення, пов'язані з майбутньою професійною діяльністю. Наприклад, викладач може запропонувати диктант, що містить терміни, назви професійних об'єктів, дії та команди, які використовуються у відповідній сфері. Це дає змогу не тільки перевірити знання лексики, а й навчити курсантів правильно сприймати та фіксувати професійну інформацію на слух.

Окремо слід наголосити на тому, що диктант поєднує аудіювання та письмо. Для успішного виконання завдання курсант повинен уважно слухати, розпізнавати звуки, слова та граматичні конструкції, утримувати інформацію в короткотривалій пам'яті й одночасно відтворювати її графічно. Така комплексна діяльність сприяє розвитку концентрації уваги, слухової пам'яті та швидкості обробки мовної інформації [1; 3].

У навчальному процесі викладачу доцільно використовувати різні види диктантів, добираючи їх відповідно до рівня підготовки курсантів, мети заняття та характеру мовного матеріалу. Традиційний диктант передбачає повний запис почутого тексту або окремих речень. Він є доцільним для формування базових орфографічних і граматичних навичок. Вибірковий диктант передбачає запис лише певних слів або конструкцій, наприклад дієслів у конкретному часовому форматі чи професійних термінів. Такий вид вправи дає змогу зосередити увагу на конкретному мовному явищі [3; 4].

Ефективним для курсантів може бути диктант із пропусками, коли в тексті пропущено окремі слова або граматичні елементи. У цьому випадку курсант не просто механічно записує почуте, а має проаналізувати контекст і визначити необхідну мовну одиницю. Така вправа сприяє розвитку мовної здогадки та контекстуального мислення.

Цікавим різновидом є творчий диктант, під час якого після прослуховування певної інформації курсанти повинні змінити її форму, доповнити текст або

скласти власні речення. Наприклад, після диктування короткого професійного повідомлення можна запропонувати курсантам сформулювати його у вигляді короткого письмового звіту. Такий підхід поступово переводить курсантів від репродуктивного письма до продуктивного.

Доцільним є також використання взаємодиктантів, коли курсанти працюють у парах і по черзі диктують один одному підготовлені речення або тексти. Така форма роботи підвищує активність здобувачів освіти, розвиває відповідальність за правильність мовлення та створює додаткові можливості для комунікації іноземною мовою.

Значний потенціал має професійно орієнтований диктант. Його зміст може бути пов’язаний із ситуаціями майбутньої професійної діяльності курсантів. Це можуть бути короткі інструкції, повідомлення, рапорти, описи ситуацій, професійні діалоги або фрагменти документації. Такий підхід сприяє формуванню не лише загальномовних, а й професійно-комунікативних умінь [3; 4].

Особливу увагу необхідно приділяти етапу роботи над помилками. Диктант не повинен завершуватися лише виставленням оцінки. Після виконання завдання доцільно організувати перевірку, аналіз типових помилок і самокорекцію. Курсант може самостійно знайти та виправити помилки, порівнявши свій текст із правильним варіантом. Ефективним є також взаємоперевірювання в парах. Така робота формує навички самоконтролю та відповідальність за результат власної навчальної діяльності [2; 4].

Водночас використання диктантів потребує дотримання певних методичних умов. По-перше, матеріал диктанту має відповідати рівню мовної підготовки курсантів. Надто складний текст може викликати значні труднощі й негативно вплинути на мотивацію. По-друге, обсяг і темп диктування повинні бути оптимальними. По-третє, необхідно чітко визначати мету кожного диктанту: перевірка орфографії, закріплення граматичної структури, повторення лексики чи розвиток аудіювання та письма.

Необхідно також уникати перетворення диктанту виключно на контрольну вправу. Його доцільно використовувати і як засіб навчання. Наприклад, на початковому етапі викладач може диктувати матеріал повільно, повторювати складні фрагменти, звертати увагу на вимову та написання слів. Поступово рівень складності можна підвищувати: збільшувати обсяг тексту, скорочувати кількість повторів, вводити професійну лексику та складніші граматичні конструкції.

Застосування сучасних технологій відкриває додаткові можливості для організації диктантів. Зокрема, замість безпосереднього диктування викладач може використовувати аудіозаписи, відеофрагменти або професійні аудіоматеріали. Це дозволяє наблизити навчальну ситуацію до реального іншомовного спілкування, де інформація не завжди подається повільно та чітко. Водночас курсанти вчаться сприймати різні темпи мовлення та різні варіанти вимови [1; 3].

Отже, диктант є багатофункціональним засобом навчання іноземної мови, який може відігравати важливу роль у формуванні навичок письма курсантів.

Його цінність полягає у комплексному характері вправи: під час виконання диктанту одночасно розвиваються аудіювання, орфографічні та граматичні навички, активізується лексика, тренується пам’ять і увага. Особливо ефективним є використання різних видів диктантів, зокрема вибіркових, творчих, диктантів із пропусками, взаємодиктантів та професійно орієнтованих диктантів.

Висновки. Систематичне та методично обґрунтоване використання диктантів сприяє підвищенню точності писемного мовлення курсантів, збагаченню їхнього словникового запасу та вдосконаленню граматичних і орфографічних навичок. Водночас найбільший педагогічний ефект досягається тоді, коли диктант використовується не лише як форма контролю, а як елемент комплексної системи навчання письма. Поєднання традиційних і сучасних форм диктантів із професійно орієнтованим матеріалом дає змогу зробити навчання іноземної мови більш практичним, цілеспрямованим та наближеним до майбутньої професійної діяльності курсантів. Таким чином, диктант доцільно розглядати як ефективний методичний інструмент формування іншомовної писемної компетентності та важливий компонент професійної мовної підготовки майбутніх фахівців.

Список використаних джерел

1. Бігич О. Б., Бориско Н. Ф., Борецька Г. Е. та ін. Методика навчання іноземних мов і культур: теорія і практика : підручник для студентів класичних, педагогічних і лінгвістичних університетів / за заг. ред. С. Ю. Ніколаєвої. Київ : Ленвіт, 2013. 590 с.
2. Nation I. S. P. Teaching ESL/EFL Reading and Writing. New York : Routledge, 2008. - 184 p.
3. Newton J. M., Nation I. S. P. Teaching ESL/EFL Listening and Speaking. 2nd ed. New York : Routledge, 2020. – 284 p.У праці безпосередньо представлено розділ Language-focused Learning through Dictation and Related Activities, присвячений навчанню за допомогою диктантів та споріднених видів діяльності.
4. Lightfoot A. Using dictation. TeachingEnglish. British Council. URL: https://www.teachingenglish.org.uk/professional-development/teachers/knowing-subject/using-dictation

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.021

AZƏRBAYCAN XALQ CÜMHURİYYƏTİ DÖVRÜNDƏ TƏHSİL SİYASƏTİNİN ƏSAS İSTİQAMƏTLƏRİ VƏ TARİXİ ƏHƏMİYYƏTİ

Abdullazadə Rəna Müşfiq qızı
Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti
Ümumi Pedaqogika kafedrasının magistrantı
Azərbaycan

Xülasə

Azərbaycan Xalq Cümhuriyyətinin mövcud olduğu 1918–1920-ci illərdə təhsil sahəsinin milli əsaslar üzərində yenidən qurulmasına xüsusi əhəmiyyət verilmişdir. Hökumətin həyata keçirdiyi tədbirlər ana dilində tədrisin genişləndirilməsinə, məktəblərin inkişafına və peşəkar müəllim kadrlarının hazırlanmasına yönəlmişdir. Qazax Müəllimlər Seminariyasının fəaliyyətə başlaması, Bakı Dövlət Universitetinin yaradılması və azərbaycanlı gənclərin dövlət vəsaiti hesabına xarici ölkələrdə təhsil almağa göndərilməsi bu siyasətin mühüm nəticələri olmuşdur. Təhsilin dünyəvi, milli və müasir prinsiplər əsasında təşkili cəmiyyətin maariflənməsinə və yerli mütəxəssislərin yetişməsinə şərait yaratmışdır. Cümhuriyyətin qısa müddətdə reallaşdırdığı bu addımlar Azərbaycanda milli təhsil sisteminin əsaslarının formalaşmasına mühüm təsir göstərmişdir. Həmin dövrün təhsil siyasəti ölkənin pedaqoji fikir tarixində və dövlətçilik ənənələrinin inkişafında əhəmiyyətli mərhələ kimi qiymətləndirilir.

Açar sözlər: Azərbaycan Xalq Cümhuriyyəti, təhsil siyasəti, milli təhsil, ana dilində tədris, müəllim hazırlığı, Bakı Dövlət Universiteti

Abstract

During the existence of the Azerbaijan Democratic Republic from 1918 to 1920, particular importance was attached to restructuring the education system on national foundations. The measures implemented by the government were aimed at expanding instruction in the Azerbaijani language, developing the school network, and training qualified teachers. The opening of the Gazakh Teachers' Seminary, the establishment of Baku State University, and the state-funded education of Azerbaijani students at foreign universities were among the major achievements of this policy. The organization of education on secular, national, and modern principles contributed to the enlightenment of society and created favourable conditions for the training of local specialists. The measures implemented by the Republic during its short period of existence had a significant impact on the formation of Azerbaijan's national education system. The educational policy of this period is regarded as an important stage in the history of pedagogical thought and the development of statehood traditions in Azerbaijan.

Keywords: Azerbaijan Democratic Republic, education policy, national education, instruction in the Azerbaijani language, teacher training, Baku State University.

Azərbaycan Xalq Cümhuriyyətinin yaradılması ölkənin ictimai-siyasi həyatında olduğu kimi, təhsil və maarif sahəsində də yeni inkişaf mərhələsinin başlanmasına səbəb olmuşdur. 1918-ci ildə müstəqilliyini elan edən Azərbaycan mürəkkəb siyasi, iqtisadi və hərbi şəraitdə fəaliyyət göstərirdi. Yeni dövlətin qarşısında idarəetmə sisteminin qurulması, ərazi bütövlüyünün qorunması, iqtisadi problemlərin aradan qaldırılması və milli kadrların hazırlanması kimi mühüm vəzifələr dayanırdı. Mövcud çətinliklərə baxmayaraq, Cümhuriyyət hökuməti təhsili dövlət quruculuğunun əsas istiqamətlərindən biri hesab edirdi. Hökumət yaxşı anlayırdı ki, müstəqil dövlətin davamlı inkişafı yalnız siyasi institutların yaradılması ilə məhdudlaşa bilməz. Ölkənin gələcəyi savadlı vətəndaşların, peşəkar müəllimlərin, və müxtəlif sahələr üzrə yerli mütəxəssislərin hazırlanmasından asılı idi. Cümhuriyyət dövründə həyata keçirilən təhsil siyasətinin başlıca məqsədi əvvəlki idarəetmə sistemindən miras qalmış məktəb modelini milli dövlətin ehtiyaclarına uyğunlaşdırmaq idi. Çar Rusiyası dövründə Azərbaycanda fəaliyyət göstərən təhsil müəssisələrinin əksəriyyətində tədris rus dilində aparılır, milli dilin və mədəniyyətin öyrədilməsinə kifayət qədər yer ayrılmırdı. Buna görə yeni hökumət təhsilin məzmununda, idarə edilməsində və tədris dilində dəyişikliklərin aparılmasını zəruri hesab edirdi. Təhsil müəssisələrinin dövlət səviyyəsində idarə olunması, məktəblərdə milli məzmunun gücləndirilməsi və Azərbaycan dilində tədrisin genişləndirilməsi Cümhuriyyətin maarif siyasətinin əsasını təşkil edirdi. Beləliklə, təhsil yalnız bilik və bacarıqların ötürülməsi vasitəsi kimi deyil, həm də milli şüurun, vətəndaşlıq düşüncəsinin və dövlətçilik mədəniyyətinin formalaşdırılması vasitəsi kimi qiymətləndirilirdi.

Milli təhsil siyasətinin həyata keçirilməsi üçün, ilk növbədə, müvafiq idarəetmə mexanizmləri yaradılmışdı. Xalq Maarifi Nazirliyi məktəbəqədər, ibtidai, orta, peşə, ali təhsil və müəllim hazırlığı məsələlərinin dövlət tərəfindən tənzimlənməsində mühüm rol oynayırdı. Nazirliyin fəaliyyəti təhsil müəssisələrinin işinin əlaqələndirilməsinə, yeni məktəblərin yaradılmasına, tədris proqramlarının yenilənməsinə və müəllim çatışmazlığının aradan qaldırılmasına yönəlmişdi. Təhsilin ayrıca dövlət strukturu vasitəsilə idarə olunması həmin sahənin təsadüfi təşəbbüslər əsasında deyil, sistemli siyasət çərçivəsində inkişaf etdirildiyini göstərirdi. Cümhuriyyət hökumətinin yanaşmasına görə, məktəb şəbəkəsinin genişləndirilməsi və əhalinin savadlılıq səviyyəsinin yüksəldilməsi müstəqil dövlətin sosial dayaqlarının möhkəmləndirilməsi üçün mühüm şərt idi.

Azərbaycan dilinin təhsil sistemində mövqeyinin gücləndirilməsi Cümhuriyyətin həyata keçirdiyi islahatların ən mühüm istiqamətlərindən biri olmuşdur. 27 iyun 1918-ci ildə türk dilinin, yəni həmin dövrün rəsmi terminologiyasına uyğun olaraq Azərbaycan dilinin dövlət dili elan edilməsi təhsil sahəsində də dəyişikliklərə yol açdı. Bunun davamı olaraq 28 avqust 1918-ci ildə məktəblərin milliləşdirilməsi və tədrisin ana dilində təşkili ilə bağlı qərar qəbul edildi. Qərara əsasən, ibtidai məktəblərdə təhsil şagirdlərin ana dilində aparılmalı, digər dildə fəaliyyət göstərən məktəblərdə isə Azərbaycan dili məcburi fənn kimi tədris olunmalı idi. Bu addım Azərbaycan dilinin

yalnız gündəlik ünsiyyət vasitəsi deyil, həm də bilik, təlim və ictimai inkişaf dili kimi qəbul edilməsinə şərait yaratdı. Ana dilində tədrisin genişləndirilməsi təhsil imkanlarının əhalinin daha geniş təbəqələri üçün əlçatan olmasına və şagirdlərin tədris materiallarını daha yaxşı mənimsəməsinə xidmət edirdi.

Azərbaycan dilində təhsil üçün yeni proqramların, terminlərin, dərsliklərin və metodik materialların hazırlanmasına ehtiyac var idi. Bu məqsədlə Xalq Maarifi Nazirliyi nəzdində dərsliklərin yazılması və nəşri ilə məşğul olan xüsusi komissiya yaradılmışdı. 1919-cu ildə əlifba, ədəbiyyat, riyaziyyat, təbiətşünaslıq və digər fənlər üzrə müxtəlif dərsliklər çap olunmuşdu. Hökumət məktəb kitabxanalarının Azərbaycan dilində nəşrlərlə təmin edilməsinə də maliyyə ayırmışdı. Milli dildə dərsliklərin hazırlanması şagirdlərin təhsil prosesində ana dilindən istifadə imkanlarını genişləndirməklə yanaşı, Azərbaycan dilində elmi və pedaqoji terminologiyanın inkişafına da təsir göstərirdi. Bu təşəbbüslər məktəbin milli mədəniyyətin qorunması və yeni nəslə ötürülməsi baxımından əhəmiyyətini artırırdı.

Cümhuriyyət hökuməti məktəblərin sayının artırılması ilə yanaşı, həmin müəssisələrdə çalışacaq müəllimlərin hazırlanmasına da xüsusi diqqət yetirirdi. Azərbaycan dilində dərs apara bilən peşəkar pedaqoqların azlığı təhsil islahatlarının qarşısında duran əsas çətinliklərdən biri idi. Bu ehtiyacı qismən aradan qaldırmaq üçün müxtəlif şəhər və bölgələrdə qısamüddətli pedaqoji kurslar təşkil olunmuşdu. Bakı, Gəncə, Şəki, Şuşa, Qazax və başqa bölgələrdə keçirilən kurslar müəllimlərin peşə hazırlığının artırılmasına və yeni pedaqoji kadrların məktəblərə cəlb edilməsinə xidmət edirdi. Müəllim hazırlığının regionlarda təşkil olunması təhsil siyasətinin yalnız Bakı ilə məhdudlaşmadığını, ölkənin müxtəlif ərazilərində yaşayan əhalinin maariflənməsinin də nəzərdə tutulduğunu göstərirdi. Hökumət kadr çatışmazlığını aradan qaldırmaq üçün xaricdən, xüsusilə Türkiyədən müəllimlərin dəvət edilməsi imkanlarından da istifadə etmişdi.

Müəllim hazırlığı sahəsində Qazax Müəllimlər Seminariyasının fəaliyyəti xüsusi əhəmiyyət daşıyırdı. Qori Müəllimlər Seminariyasının Azərbaycan şöbəsinin ölkəyə köçürülməsi milli pedaqoji kadr hazırlığının inkişafı üçün mühüm addım idi. Seminariyanın Qazaxda fəaliyyətə başlaması azərbaycanlı gənclərin ölkə daxilində müəllimlik təhsili almasına və milli məktəblər üçün pedaqoqların hazırlanmasına imkan yaratdı. Firidun bəy Köçərli kimi görkəmli maarifçinin seminariyanın təşkilində və fəaliyyətində iştirakı bu müəssisənin milli pedaqoji fikir baxımından əhəmiyyətini daha da artırırdı. Seminariyada hazırlanan müəllimlər yalnız ayrı-ayrı fənləri tədris edən mütəxəssislər deyil, eyni zamanda maarifçilik ideyalarını, ana dilini və milli mədəni dəyərləri bölgələrdə yayan ziyalılar kimi fəaliyyət göstərirdilər. Bu baxımdan Qazax Müəllimlər Seminariyası Cümhuriyyət dövründə məktəblə cəmiyyət arasında əlaqənin möhkəmləndirilməsinə xidmət edən əsas təhsil mərkəzlərindən biri olmuşdur.

Təhsil siyasətində qadınların maarifləndirilməsi də diqqətdən kənarda qalmamışdı. Qızların təhsil alması cəmiyyətin sosial və mədəni inkişafının vacib şərtlərindən biri kimi qəbul edilirdi. Mövcud qadın məktəblərinin yenidən təşkili, onların milli təhsil müəssisələri kimi fəaliyyət göstərməsi və qızların təhsilə cəlb olunması Cümhuriyyətin dünyəvi və müasir yanaşmasını əks etdirirdi. Bakı, Gəncə və Şəkidə fəaliyyət göstərən qadın təhsil müəssisələrinin adlarının dəyişdirilərək milli

gimnaziyalara çevrilməsi təhsil sistemində yeni dövlətçilik prinsiplərinin tətbiqinə nümunə idi. Qızların savadlanması təkcə onların şəxsi inkişafı ilə əlaqələndirilmir, eyni zamanda gələcək nəslin təlim-tərbiyəsi və bütövlükdə cəmiyyətin maariflənməsi baxımından mühüm hesab edilirdi.

Azərbaycan Xalq Cümhuriyyətinin təhsil sahəsində ən böyük nailiyyətlərindən biri milli ali məktəbin yaradılması olmuşdur. Ali təhsilli kadrların çatışmazlığı dövlət idarəçiliyində, səhiyyədə, hüquq, təhsil və digər sahələrdə ciddi problemlər yaradırdı. Xarici ölkələrdən mütəxəssislərin dəvət olunması müəyyən müddət üçün ehtiyacı ödəsə də, uzunmüddətli inkişaf milli ali təhsil müəssisəsinin yaradılmasını tələb edirdi. Bu zərurətdən irəli gələrək 1 sentyabr 1919-cu ildə Azərbaycan Parlamenti Bakıda dövlət universitetinin təsis edilməsi haqqında qərar qəbul etdi. Universitetin yaradılması ölkədə ali təhsilin və elmi fəaliyyətin institusional əsaslarının qoyulması demək idi. İlk tədris ilində tarix-filologiya və tibb istiqamətlərinin fəaliyyətə başlaması humanitar və tibbi kadrların hazırlanmasına verilən əhəmiyyəti göstərirdi. Universitetin ilk dərsləri 1919-cu ilin noyabrında başladı və bu hadisə Azərbaycan ali təhsil tarixində yeni mərhələnin başlanğıcı oldu.

Bakı Dövlət Universitetinin yaradılması yalnız yeni bir təhsil müəssisəsinin açılması kimi qiymətləndirilə bilməz. Universitet milli elmi mühitin formalaşdırılması, gənclərin ölkə daxilində ali təhsil alması və Azərbaycan cəmiyyətinin intellektual potensialının artırılması baxımından mühüm əhəmiyyət daşıyırdı. Burada müxtəlif elm sahələri üzrə kadrların hazırlanması gələcəkdə dövlət idarələrinin, məktəblərin, xəstəxanaların və digər ictimai institutların yerli mütəxəssislərlə təmin olunmasına xidmət etməli idi. Həmin dövrdə Azərbaycan dilində dərs deyə biləcək ali məktəb müəllimlərinin azlığı səbəbindən bütün fənlərin dərhal milli dildə tədrisi mümkün olmasa da, Azərbaycan dilinin universitet proqramına daxil edilməsi ali təhsilin tədricən milli əsaslar üzərində inkişaf etdirilməsi məqsədini ifadə edirdi. Bakı Dövlət Universitetinin sonrakı dövrlərdə ölkənin aparıcı elmi və təhsil mərkəzlərindən birinə çevrilməsi Cümhuriyyət hökumətinin qəbul etdiyi qərarın uzunmüddətli tarixi əhəmiyyətini göstərir.

Cümhuriyyət hökuməti ölkədə ali təhsil sisteminin yenicə formalaşdığını və bütün ixtisaslar üzrə kadr hazırlamaq imkanlarının məhdud olduğunu nəzərə alaraq, gənclərin xarici ölkələrə göndərilməsinə də qərar vermişdi. Parlamentin qərarı ilə 100 nəfər azərbaycanlı gəncin dövlət vəsaiti hesabına Avropanın və Türkiyənin ali məktəblərində təhsil alması nəzərdə tutulmuşdu. Bu təşəbbüs təhsilə ayrılan vəsaitin gələcəyə yönəlmiş sərmayə kimi qiymətləndirildiyini göstərirdi. Xaricdə təhsil alacaq gənclərin mühəndislik, tibb, kənd təsərrüfatı, iqtisadiyyat, təhsil və digər sahələrdə bilik əldə etdikdən sonra Azərbaycana qayıdaraq milli quruculuq prosesində iştirak etməsi planlaşdırılırdı. Cümhuriyyətin maliyyə imkanlarının məhdud olmasına baxmayaraq, belə bir proqramın qəbul edilməsi dövlətin insan kapitalına verdiyi yüksək dəyərin göstəricisi idi. Siyasi hadisələr proqramın tam və maneəsiz həyata keçirilməsinə imkan verməsə də, bu təşəbbüs Azərbaycanda dövlət hesabına xaricdə təhsil ənənəsinin əsasını qoymuşdur.

Azərbaycan Xalq Cümhuriyyətinin təhsil siyasətini qiymətləndirərkən dövlətin cəmi 23 ay mövcud olması, müharibə şəraiti, iqtisadi çətinliklər, maliyyə çatışmazlığı və peşəkar kadr azlığı nəzərə alınmalıdır. Belə mürəkkəb şəraitdə məktəblərin milliləşdirilməsi, Azərbaycan dilində tədrisin genişləndirilməsi, dərsliklərin hazırlanması, müəllim kurslarının təşkili, qadın təhsilinin inkişaf etdirilməsi, universitetin təsis olunması və tələbələrin xaricə göndərilməsi ilə bağlı qərarların qəbul edilməsi mühüm nailiyyət idi. Bu tədbirlərin hamısını tam şəkildə həyata keçirmək mümkün olmasa da, onların əsasını təşkil edən ideyalar sonrakı dövrlərdə Azərbaycan təhsilinin inkişafına təsir göstərmişdir.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Mərdanov, M. C., & Quliyev, Ə. Q. (2003). Azərbaycan təhsili Xalq Cümhuriyyəti illərində: 1918–1920. Çaşıoğlu.
2. Nəzərli, Ə. Ə. (2018). Azərbaycan Cümhuriyyətində xalq təhsili: 1918–1920-ci illər. Xəzər Universiteti Nəşriyyatı.
3. Səfərov, R. B. (2023). Azərbaycan Xalq Cümhuriyyətinin təhsil siyasəti: 1918–1920: Arxiv sənəd və materialları əsasında. Elm və Təhsil.
4. Tahirzadə, Ə. Ş., & Tahirli, O. Ə. (2016). Azərbaycan Cümhuriyyəti tələbələri: Tarixi arayış, bəlgələr, yaşamlar. TEAS Press.

БУЛІНГ ЯК СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНЕ ЯВИЩЕ: ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ СУТНОСТІ ТА СТРУКТУРИ

Супрун Юрій Миколайович
здобувач третього (освітньо-наукового)
рівня вищої освіти,
https://orcid.org/0009-0001-9033-1414
Ніжинський державний університет
імені Миколи Гоголя, Україна

Анотація. У тезах обґрунтовано необхідність інтегративного підходу до профілактики булінгу в сучасному освітньому середовищі. Визначено, що булінг є складним соціально-психологічним явищем, яке формується під впливом особистісних, міжособистісних, групових та організаційних чинників. На основі аналізу сучасних наукових підходів запропоновано розглядати профілактику булінгу як системний процес, що передбачає функціональне поєднання інтерактивних, ігрових, тренінгових, арттерапевтичних, медіаційних та командоутворювальних технологій. Визначено основні механізми впливу кожної групи технологій та обґрунтовано їх взаємодоповнювальний характер. Доведено, що результативність профілактичної роботи залежить не від кількості використаних методів, а від їх відповідності конкретним механізмам виникнення та відтворення булінгу.

Ключові слова: булінг, профілактика булінгу, освітнє середовище, інтегративний підхід, соціально-емоційні компетентності, інтерактивні технології, медіація, командоутворення.

Булінг є однією з найбільш актуальних проблем сучасного освітнього середовища, оскільки його наслідки виходять далеко за межі окремого конфлікту між учасниками освітнього процесу. Систематичне психологічне, фізичне, соціальне або цифрове переслідування може негативно впливати на емоційний стан, самооцінку, соціалізацію, академічну активність та загальне психологічне благополуччя здобувачів освіти. Водночас булінг не можна пояснювати виключно індивідуальними особливостями агресора або потерпілої особи. Він формується в системі міжособистісних відносин, групових норм, соціальних ролей і моделей комунікації.

Міжнародні дослідження підтверджують масштабність цієї проблеми [1-4]. За узагальненими даними UNESCO, приблизно кожен третій учень у світі стикається з булінгом з боку однолітків [5]. Це свідчить про необхідність переходу від ситуативного реагування на окремі випадки до системної профілактики, спрямованої на формування безпечного освітнього середовища.

Важливе методологічне значення для розуміння булінгу має концепція D. Olweus, відповідно до якої ключовими характеристиками булінгу є повторюваність агресивних дій та нерівність сил між учасниками [6]. Подальший розвиток цього підходу пов'язаний із дослідженнями C. Salmivalli, яка розглядає булінг як груповий процес. У ньому беруть участь не лише агресор і потерпіла особа, а й асистенти агресора, його прихильники, захисники потерпілої особи та пасивні спостерігачі [7]. Отже, соціальна поведінка всієї групи може або посилювати, або послаблювати булінг.

Саме групова природа цього явища зумовлює необхідність комплексного характеру профілактичної роботи. Традиційна модель, заснована переважно на бесідах, інформуванні, разових виховних заходах або реагуванні після виникнення інциденту, не завжди забезпечує стійкі зміни. Здобувачі освіти повинні не лише знати про неприпустимість булінгу, а й володіти практичними навичками саморегуляції, емпатії, конструктивної комунікації, вирішення конфліктів і підтримки інших [8].

На цій основі пропонується інтегративна модель профілактики булінгу, яка передбачає взаємопов'язане використання шести груп технологій: інтерактивних, ігрових, тренінгових, арттерапевтичних, медіаційних та командоутворювальних.

Інтерактивні технології спрямовані на розвиток соціально-емоційних компетентностей, критичного осмислення соціальних ситуацій та конструктивної комунікації. До них належать дискусії, мозковий штурм, аналіз ситуацій, робота в малих групах, кейс-метод, «дерево рішень», рефлексивні вправи тощо. Їх особливість полягає в активному залученні здобувачів освіти до обговорення проблеми та формуванні власної позиції щодо неї. Важливим результатом є усвідомлення особистої відповідальності за психологічний клімат групи.

Ігрові технології забезпечують можливість безпечно моделювати проблемні соціальні ситуації. Рольові та ситуаційні ігри, симуляції, квести, театралізовані сценарії дають змогу учасникам випробовувати різні моделі поведінки без реальних негативних наслідків. Особливу цінність має повторне програвання ситуації з альтернативними моделями реагування, що дозволяє продемонструвати можливість зміни її розвитку. Таким чином, ігрові технології переводять знання про булінг у практичний поведінковий досвід.

Тренінгові технології спрямовані на систематичне формування конкретних навичок. До змісту антибулінгових тренінгів можуть входити вправи на розвиток емпатії, розпізнавання та регуляцію емоцій, управління гнівом, формування асертивної поведінки, ненасильницьку комунікацію, встановлення особистих меж, конструктивне реагування на провокації та підтримку однолітків. Важливим є поєднання емпатії із саморегуляцією, оскільки розуміння емоцій іншої людини саме по собі не гарантує конструктивної поведінки.

Арттерапевтичні технології мають передусім емоційно-регуляторне призначення. Малювання, створення колажів, метафоричних образів, музично-рухові вправи, драматизація та інші творчі практики можуть допомагати виражати переживання, які складно вербалізувати безпосередньо. Водночас арттерапія не повинна розглядатися як самодостатній засіб протидії булінгу. Її доцільно поєднувати з іншими технологіями, спрямованими на формування поведінкових, комунікативних та групових ресурсів.

Медіаційні технології спрямовані на розвиток культури діалогу, активного слухання, переговорів та відповідального вирішення суперечностей. До них можуть належати фасилітовані діалоги, відновні кола, медіаційні зустрічі та інші відновні практики. Водночас важливо розмежовувати конфлікт і булінг: медіація не повинна використовуватися механічно у ситуаціях вираженого дисбалансу сил, коли існує загроза безпеці потерпілої особи. У таких випадках пріоритетом є захист постраждалого та належне реагування на булінг.

Командоутворювальні технології забезпечують вплив на груповий рівень проблеми. Їхнє завдання полягає не лише у формальному «тімбілдингу», а у формуванні позитивних норм взаємодії, відчуття приналежності, взаємної підтримки та психологічної безпеки. Ефективними можуть бути кооперативні завдання, спільні творчі та соціальні проєкти, командні квести, вправи на довіру та спільне вирішення проблем. Особливо важливим є перехід від конкуренції, заснованої на домінуванні, до співпраці, у якій соціальне схвалення пов'язується з допомогою, відповідальністю та позитивним внеском у спільну діяльність.

Таким чином, запропоновані технології виконують різні, але взаємопов'язані функції (табл.1)

Таблиця 1 Технології профілактики булінгу

Група технологій	Механізм впливу	Основний результат
Інтерактивні	активна взаємодія та рефлексія	соціально-емоційна компетентність
Ігрові	моделювання соціальних ситуацій	альтернативні моделі поведінки
Тренінгові	систематичне формування навичок	емпатія, саморегуляція, комунікація
Арттерапевтичні	творче опрацювання емоцій	самовираження та емоційна регуляція
Медіаційні	діалог і відновлення взаємодії	конструктивне вирішення суперечностей
Командоутворювальні	кооперативна групова діяльність	згуртованість і позитивні групові норми

Принципово важливо, що зазначені технології не повинні використовуватися як механічний перелік різноманітних заходів. Їх інтеграція передбачає визначення конкретної профілактичної функції кожного компонента.

На когнітивному рівні здобувачі освіти усвідомлюють сутність булінгу, його механізми, ролі учасників та наслідки. Емоційний рівень передбачає розвиток емпатії та здатності регулювати власні емоційні реакції. Поведінковий рівень пов'язаний із формуванням конструктивних моделей реагування. Комунікативно-конфліктологічний рівень забезпечує розвиток навичок діалогу та вирішення суперечностей. Груповий рівень передбачає трансформацію соціальних норм, підвищення згуртованості та формування психологічно безпечного середовища.

Важливим компонентом моделі є соціально-емоційне навчання. Великий метааналіз універсальних програм соціально-емоційного навчання, який охопив сотні досліджень і сотні тисяч здобувачів освіти, засвідчив позитивний вплив таких програм на соціально-емоційні навички, поведінку, взаємини з однолітками та сприйняття безпеки освітнього середовища. Це дає підстави розглядати розвиток соціально-емоційної компетентності як фундаментальний напрям профілактики булінгу.

Ефективне впровадження інтегративної моделі потребує дотримання низки принципів. По-перше, необхідною є попередня діагностика освітнього середовища, яка дозволяє визначити проблемні зони, особливості міжособистісної взаємодії та рівень психологічної безпеки. По-друге, технології мають адаптуватися до віку здобувачів освіти та специфіки конкретної освітньої групи. По-третє, профілактика повинна бути регулярною, а не обмежуватися разовими акціями. По-четверте, необхідною є підготовка педагогічних працівників, які мають розуміти не лише техніку проведення вправ, а й механізми їх профілактичного впливу. По-п'яте, до профілактичного процесу доцільно залучати всю освітню спільноту – здобувачів освіти, педагогів, адміністрацію, батьків та інших значущих дорослих.

Окремого значення набуває моніторинг результативності. Оцінювання має включати не тільки кількість зареєстрованих випадків булінгу, а й показники

психологічної безпеки, згуртованості, соціально-емоційних компетентностей, емпатії, готовності свідків втручатися та якості міжособистісних відносин. При цьому зменшення кількості офіційно зареєстрованих випадків саме по собі не може вважатися достатнім доказом ефективності, оскільки воно може бути пов'язане зі зміною готовності повідомляти про проблемні ситуації.

Інтегративний підхід дає можливість перейти від переважно реактивної моделі профілактики, орієнтованої на реагування після виникнення інциденту, до проактивної моделі, спрямованої на формування психологічно безпечного освітнього середовища.

Отже, булінг доцільно розглядати як багатовимірний соціально-психологічний процес, у якому взаємодіють особистісні, емоційні, поведінкові, комунікативні та групові чинники. Тому ефективна профілактика не може обмежуватися інформуванням або окремими виховними заходами.

Запропонована інтегративна модель передбачає функціональне поєднання шести груп технологій: інтерактивних, ігрових, тренінгових, арттерапевтичних, медіаційних та командоутворювальних. Їх цінність полягає у взаємодоповненні: інтерактивні технології забезпечують усвідомлення і комунікацію; ігрові – моделювання поведінки; тренінгові – формування практичних навичок; арттерапевтичні – емоційне опрацювання; медіаційні – конструктивне вирішення суперечностей; командоутворювальні – трансформацію групової взаємодії.

Наукова перспективність запропонованого підходу полягає у переході від механічного накопичення профілактичних методів до їх функціональної інтеграції відповідно до конкретних механізмів виникнення та відтворення булінгу. Подальші дослідження мають бути спрямовані на емпіричну перевірку запропонованої моделі, визначення внеску окремих технологічних компонентів та встановлення умов, за яких їх поєднання забезпечує найбільший профілактичний ефект.

References

1. Badura P., Eriksson C., García-Moya I., Löfstedt P., Melkumova M., Sotiroska K. et al. A Focus on Adolescent Social Contexts in Europe, Central Asia and Canada. Health Behaviour in School-aged Children International Report from the 2021/2022 Survey. Vol. 7. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe, 2024. 292 p. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. URL: https://iris.who.int/handle/10665/379980
2. Graves K. A., Mirielli L. G., Ousley C., Rose C. A. Literature Review and Content Analysis of Bullying Assessments: Are We Measuring What We Intend to? International Journal of Environmental Research and Public Health. 2025. Vol. 22. No. 1. Article 29. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph22010029.
3. Gaffney H., Ttofi M. M., Farrington D. P. Effectiveness of School-Based Programs to Reduce Bullying Perpetration and Victimization: An Updated Systematic Review and Meta-analysis. Campbell Systematic Reviews. 2021. Vol. 17, No. 2. P. 1–76. DOI: https://doi.org/10.1002/cl2.1143.

4. Burlaka V., Hong J. S., Thornberg R., Serdiuk O., Panok V., Danylenko H., Ilchyshyn N., Burlaka J., Jones W. Parenting practices, bullying perpetration, and conduct problems among Ukrainian children. Child Abuse & Neglect. 2025. Vol. 161. Article 106508. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2023.106508
5. Behind the Numbers: Ending School Violence and Bullying. Paris : UNESCO, 2019. 70 p. DOI: https://doi.org/10.54675/TRVR4270
6. Olweus D. Bullying at School: What We Know and What We Can Do. Oxford : Blackwell Publishers (Wiley-Blackwell), 1993. 160 p. ISBN 978-0-631-19241-1.
7. Salmivalli, C. and Poskiparta, E. (2012), Making bullying prevention a priority in Finnish schools: The KiVa antibullying program. New Directions for Youth Development, 2012: 41-53. https://doi.org/10.1002/yd.20006
8. Лугова В.М., Литовченко І.В. Особливості конфлікту як способу соціальної взаємодії у підлітковому віці. Молодий вчений. 2020. №5 (81). С.199-207

SECTION: PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES

ФОРМУВАННЯ ФІНАНСОВОЇ ГРАМОТНОСТІ СТАРШОКЛАСНИКІВ ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИКИ: НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ АСПЕКТ

Мокієнко Тетяна Володимирівна
к.е.н., доцент
Полтавський державний аграрний університет, Україна

Сучасна трансформація української середньої освіти, що реалізується через стратегічні орієнтири Нової української школи (НУШ), передбачає перехід від репродуктивної знаннєвої моделі до цілісної компетентнісної парадигми. Фінансова грамотність та підприємливість сьогодні детерміновані не просто як додаткові знання, а як фундаментальні трансверсальні вміння, необхідні для успішної соціалізації та економічної самодостатності особистості. Як зазначає Т. В. Забаштанська, криза традиційної освітньої системи була зумовлена глибоким розривом між теоретичним змістом та життєвими реаліями, а також фрагментарністю предметного навчання. Аналіз сучасного стану виявляє занепокоєння через низьку обізнаність молоді з базовими фінансовими категоріями, що посилюється обмеженим доступом до якісних ресурсів та недостатньою методичною підготовкою педагогів [1].

У цьому контексті математика постає не як «герметична» абстрактна дисципліна, а як універсальна мова та інструментарій моделювання складних економічних процесів. Саме математичний апарат дозволяє перевести якісні фінансові поняття у площину кількісного аналізу та обґрунтованого прогнозування.

Актуальність теми зумовлює мету дослідження, що полягає в науково-теоретичному обґрунтуванні та розробці методичного забезпечення інтегрованого навчання, де математика стає фундаментом для формування фінансової культури. Ефективність такої інтеграції безпосередньо залежить від її відповідності психофізіологічній архітектурі та когнітивним запитам старшокласників.

Ранній юнацький вік є унікальним сензитивним періодом для формування фінансових цінностей. На цьому етапі відбувається не лише накопичення інформації, а й формування аксіологічної практики - ціннісного ставлення до грошей, праці та відповідальності.

Психолого-педагогічні передумови формування фінансової грамотності старшокласників:

- когнітивні закономірності. Згідно з дослідженнями О. В. Ткач, у віці 15-17 років спостерігається якісний стрибок у розвитку абстрактно-логічного

мислення [3]. Старшокласники стають здатними будувати складні ментальні моделі, що дозволяє їм виходити за межі лінійних розрахунків і оперувати поняттями експоненціальної динаміки («складні відсотки»), оцінювати вплив інфляції на купівельну спроможність та аналізувати фінансові ризики за допомогою апарату теорії ймовірностей;

- мотиваційна сфера та інтерсуб'єктна взаємодія. Провідною потребою старшокласника є професійне самовизначення та прагнення до автономії. Внутрішній запит на практичну значущість знань стає потужним стимулом: математика вивчається інтенсивніше, коли вона стає засобом реалізації власного «Я-проєкту» чи майбутнього стартапу. Важливим аспектом є перехід до інтерсуб'єктної взаємодії, де фінансові рішення розглядаються в контексті соціальних зв'язків та етики;

- рефлексія та критичне мислення. На відміну від молодших школярів, для яких, за спостереженнями Н. М. Міськової, лише закладаються елементарні математичні уявлення про ресурси, старшокласники здатні до глибокої рефлексії наслідків своїх дій [2]. Вони можуть критично деконструювати маркетингові пропозиції банків, ставлячи питання про економічну доцільність кредитування та довгострокові фінансові втрати.

Ця психологічна готовність до складного моделювання та самостійного вибору створює підґрунтя для впровадження специфічних педагогічних умов у процесі навчання математики.

Для створення автентичного освітнього середовища, яке трансформує теоретичну математику в реальну фінансову компетентність, необхідно забезпечити синергію таких умов: актуалізація практичної значущості через контекстну практику, діяльнісний підхід та проблемне навчання, впровадження цифрових інструментів та бізнес-симуляторів та стимулювальне середовище для розвитку ініціативності (табл. 1).

Таблиця 1. Умови трансформації теоретичної математики в реальну фінансову компетентність

№	Умова трансформації	Характеристика	
1	Актуалізація практичної значущості через контекстну практику. Навчання має базуватися на реальних життєвих сценаріях.	Використання актуальних банківських тарифів, податкових ставок та розрахунків дилеми «купівля vs оренда» не лише підвищує мотивацію, а й демонструє математику як інструмент виживання та успіху в сучасному соціумі	
2	Діяльнісний підхід та проблемне навчання через активні методи	Кейс-метод	детальне планування домогосподарства в умовах макроекономічної нестабільності.
		Рольові ігри	симуляційні моделі «Інвестор - Стартапер - Банк», де учні змушені аргументувати рішення на основі математичних розрахунків
		Дилеми невизначеності	прийняття рішень в умовах обмежених даних та ризику

Продовження табл.1

№	Умова трансформації	Характеристика
3	Впровадження цифрових інструментів та бізнес-симуляторів	Як представники цифрового покоління, старшокласники потребують інтерактиву для реалізації своєї потреби в автономії. Використання таких ресурсів, як My Budget Planner, Business Simulator, Cash Flow Game, а також робота з динамічними таблицями Google Sheets, дозволяють учням «прожити» фінансові ризики без реальних втрат, формуючи стійкі навички оперування капіталом
4	Стимулювальне середовище для розвитку ініціативності	Педагог має фасилітувати простір, де помилка стає аналітичним ресурсом. Проєктна діяльність (розробка стартапу, ведення «Фінансового щоденника») розвиває персональну відповідальність учня за стратегічні рішення

Системне дотримання цих умов дозволяє інтегрувати математичний зміст у структуру економічного мислення, створюючи платформу для практичного застосування набутих знань.

Інтеграція дисциплін дозволяє учням сприймати математику як органічну «мову» економіки, де кожна формула має аксіологічний вимір та прикладне значення. Напрями практичного застосування математичних знань у фінансовому контексті:

- розрахунок прибутковості інвестицій: Методика передбачає використання формул середнього значення та варіації для аналізу волатильності фондового ринку. Учні вчаться не просто рахувати відсотки, а оцінювати ризик інвестиційного портфеля, поєднуючи математичну імовірність з економічним прагматизмом;

- бюджетування та часова вартість грошей: Перехід від простого розрахунку витрат до складного прогнозування на основі статистичних даних. Центральним стає концепт «часової вартості грошей», де математичні послідовності допомагають учням зрозуміти переваги заощаджень у довгостроковій перспективі;

- моделювання фінансових потоків (NPV та IRR): У межах шкільних бізнес-планів учні опановують алгоритми розрахунку чистої приведеної вартості (NPV) та внутрішньої норми доходності (IRR). Це дозволяє їм на науковому рівні оцінювати життєздатність проєктів, враховуючи дисконтування та часові лаги, що є найвищим рівнем інтегрованого навчання математики.

Такий підхід перетворює абстрактне обчислення на інструмент прийняття виважених, етичних та економічно обґрунтованих рішень. Ефективність запропонованої методики підтверджується результатами моніторингу, що охоплює когнітивний та мотиваційний складники. Інтегроване навчання забезпечує значне покращення розуміння математичних структур через їхню контекстну візуалізацію.

Отже, формування фінансової грамотності старшокласників засобами математики є стратегічною відповіддю на виклики НУШ, що дозволяє подолати

фрагментарність знань. Ранній юнацький вік забезпечує необхідний рівень абстракції та рефлексії для оперування складними фінансовими моделями (NPV, IRR, ризики). Педагогічні умови, засновані на цифровізації, діяльнісному підході та аксіологічній практиці, сприяють формуванню відповідальної особистості, готової до автономного життя.

Інтеграція математики та економіки - це не лише методичний прийом, а необхідна умова підготовки конкурентоспроможного випускника, здатного до критичного аналізу та раціонального управління ресурсами в умовах глобальної невизначеності.

Список використаних джерел

1. Забаштанська Т. В. Формування фінансової грамотності старшокласників через інтегроване навчання математики та економіки. Вісник Національного університету «Чернігівська політехніка». 2025. URL https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/pmovc/pmovc24/paper/viewFile/21851/18148.
2. Міськова Н. М. Особливості формування фінансової грамотності в молодших школярів на уроках математики в умовах реалізації концепції Нової української школи. Вісник Міжнародного економіко-гуманітарного університету імені академіка Степана Дем'янчука. 2025. С. 194 – 199. DOI https://doi.org/10.32782/3041-2021/2025-4-25
3. Ткач О. В. Вплив вікових особливостей на формування компетентності «підприємливість та фінансова грамотність» у старшокласників на уроках математики. Академічні візії. 2025. Випуск 44. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15601793.

SECTION: PHYSICAL EDUCATION AND SPORT

ПІДГОТОВКА СПОРТСМЕНІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

Ткаченко Ярослав Олександрович
здобувач вищої освіти
Шляхтурова Дар'я Денисівна
здобувачка вищої освіти
Колумбет Олександр Миколайович
доктор педагогічних наук, професор,
Державний торговельно-економічний університет
Україна

Підготовка спортсменів сьогодні відбувається в умовах, які складно назвати стабільними. Змінюється календар змагань, активно впроваджуються цифрові технології, зростають вимоги до контролю фізичного та психологічного стану спортсменів. Для України до цього додаються обставини воєнного стану, через які частина спортсменів була змушена змінити місце проживання, тренувальну базу або взагалі перейти на дистанційну взаємодію з тренером. Тому сучасна спортивна підготовка, на нашу думку, повинна бути не просто добре спланованою, а насамперед гнучкою та здатною змінюватися залежно від реальних умов.

Особливо чітко це стало помітно після початку повномасштабної війни. Кононович В., Усачов Д., Жогло В., Хмелюк О. та Колоколов В. зазначають, що воєнний стан створив для спортсменів одночасно декілька проблем: обмеження доступу до спортивних баз, порушення звичного тренувального режиму, психологічне напруження, труднощі з проведенням командних занять та необхідність адаптації програм підготовки [1]. Тому тренування в таких умовах не можна організовувати за тим самим принципом, що й у стабільний період.

Одним із головних питань залишається збереження фізичної форми спортсмена. Якщо немає можливості використовувати звичний зал, стадіон або необхідне обладнання, тренувальну програму потрібно перебудовувати відповідно до доступних умов. Це не означає повної відмови від поставлених спортивних завдань. Навпаки, важливо визначити, які компоненти підготовки спортсмен може підтримувати навіть за обмежених можливостей, а які необхідно тимчасово змінити або перенести на інший етап [1].

Практичний досвід відновлення тренувального процесу під час воєнного стану показує, що одним із варіантів стала комбінація офлайн- та онлайн-роботи. У дослідженні Т. Шепеленко та співавторів під час організації підготовки спортсменів спортивної аеробіки використовували синхронний і асинхронний формати роботи, поєднуючи безпосередні тренування з дистанційною

взаємодією. Такий підхід дозволив продовжити тренувальний процес для спортсменів, які перебували в різних умовах та не завжди мали можливість особисто бути присутніми на заняттях [2].

Цей досвід показує, що дистанційні технології у спорті сьогодні вже не варто сприймати лише як вимушену заміну звичайному тренуванню. Вони можуть стати додатковим інструментом роботи тренера. За допомогою відеозв'язку можна пояснювати завдання, аналізувати виконання вправ, проводити консультації та підтримувати регулярний контакт зі спортсменом. Через цифрові платформи можна передавати тренувальні матеріали та отримувати інформацію про виконану роботу.

Схожої думки дотримуються А. Єфременко та співавтори, які розглядали можливості використання дистанційних засобів у підготовці легкоатлетів. Автори відзначають, що цифрові технології можуть бути корисними для окремих напрямів спортивної підготовки, однак дистанційний формат має і певні обмеження. Найбільше вони пов'язані з якістю зворотного зв'язку, контролем правильності виконання завдань та фізичною відстанню між спортсменом і тренером [3]. Тому, на наш погляд, правильніше говорити не про заміну традиційного тренування цифровими технологіями, а про їх поєднання.

Окремим напрямом розвитку сучасної спортивної підготовки є контроль тренувального навантаження. Сьогодні тренеру доступно значно більше інформації про стан спортсмена, ніж декілька років тому. Окрім традиційного спостереження та самопочуття спортсмена, використовуються показники частоти серцевих скорочень, тривалості та інтенсивності роботи, суб'єктивна оцінка навантаження, GPS/GNSS-системи та інші засоби моніторингу. Систематичний огляд C. Dudley та співавторів показує, що у спортивній практиці використовуються як внутрішні, так і зовнішні показники навантаження, проте реакція спортсменів на однакову роботу може суттєво відрізнятися [4].

Це важливий момент, оскільки велика кількість показників сама по собі не гарантує правильної побудови тренування. Дані мають сенс тоді, коли тренер використовує їх для прийняття рішень. Наприклад, якщо спортсмен протягом декількох днів демонструє ознаки недостатнього відновлення, погіршення самопочуття або незвично важко переносить звичне навантаження, це повинно стати підставою для перегляду тренувального плану. Тобто контроль потрібний не заради самого контролю, а для своєчасної зміни тренувального процесу [4].

Особливо актуальним такий підхід є в умовах війни. На фізичне тренувальне навантаження можуть накладатися недосипання, емоційне напруження, вимушені переїзди, зміни побутових умов та порушення звичного режиму. Через це спортсмен, який формально виконав однаковий обсяг роботи, у різні періоди може переносити його зовсім по-різному. Тому індивідуалізація навантаження сьогодні має враховувати не тільки спортивну кваліфікацію, а й поточні життєві обставини [1; 2].

Не менш важливою складовою сучасної підготовки є психологічний стан спортсмена. В умовах воєнного стану спортсмени можуть переживати тривогу за власну безпеку та близьких, невизначеність щодо майбутнього, зміну місця проживання та втрату звичного спортивного середовища [1]. При цьому психологічний стан безпосередньо впливає на концентрацію, мотивацію до тренувань, відновлення та здатність реалізувати себе під час змагань.

Питання психічного здоров'я сьогодні розглядається як повноцінна частина системи підготовки спортсмена і на міжнародному рівні. В оновленому консенсусному документі Міжнародного олімпійського комітету 2026 року наголошується на необхідності регулярного спостереження за психічним здоров'ям спортсменів та врахування не лише особистих, а й середовищних факторів, які можуть впливати на їхній стан [5]. Тобто психологічна робота не повинна починатися лише тоді, коли спортсмен уже не справляється зі стресом. Значно ефективніше, коли психологічна підтримка є звичною частиною спортивної підготовки.

Серед способів роботи зі стресом у спорті використовуються психологічні навички, методи саморегуляції, дихальні практики, робота з концентрацією уваги та соціальна підтримка. Систематичний огляд B. Nuetzel також показує, що здатність спортсмена справлятися зі стресовими ситуаціями залежить не лише від його особистих якостей. Важливу роль відіграє підтримка тренера, команди та спортивного оточення [6]. Це особливо актуально в умовах тривалої невизначеності, коли звичайних способів мотивації може бути недостатньо.

Змінюється і підхід до тактичної підготовки. Якщо спортсмен або команда не можуть регулярно брати участь у повноцінних тренуваннях і змаганнях, частину тактичної роботи можна перенести в аналітичний формат. Перегляд відеозаписів попередніх виступів, аналіз суперників, розбір помилок та моделювання можливих ситуацій дозволяють продовжувати роботу навіть тоді, коли практична частина підготовки є обмеженою [1]. Такий формат, звичайно, не може повністю замінити реальну змагальну практику, але допомагає не втрачати зв'язок із тактичними завданнями.

На нашу думку, головною зміною сучасного підходу до підготовки спортсменів є відмова від уявлення про тренувальний план як про незмінну схему. План залишається необхідним, але сьогодні він повинен передбачати можливість коригування. Причиною можуть бути зміни фізичного стану спортсмена, психологічна втома, травма, переїзд, відсутність спортивної бази або інші зовнішні обставини.

Особливо добре необхідність такого підходу показав український спорт у період воєнного стану. Частина спортсменів продовжує тренування за кордоном, частина - в Україні, де тренувальний процес може перериватися через безпекову ситуацію. За таких умов здатність тренера швидко змінити формат заняття, скоригувати навантаження та підтримувати постійний контакт зі спортсменом стає не менш важливою, ніж правильно складений довгостроковий план.

Таким чином, підготовка спортсменів у сучасному спортивному середовищі має будуватися з урахуванням того, що умови тренувань можуть змінюватися. Її ефективність сьогодні визначається не тільки обсягом виконаної роботи, а й тим, наскільки тренувальний процес відповідає реальному стану та можливостям конкретного спортсмена. Важливими стають гнучке планування, індивідуалізація навантаження, систематичний контроль, використання цифрових технологій та психологічна підтримка [1; 3; 4; 5].

На нашу думку, саме здатність адаптувати підготовку без втрати її основної мети є однією з головних вимог сучасного спорту. Досвід роботи спортсменів в умовах воєнного стану це особливо підтверджує: тренувальний процес може продовжуватися навіть за складних обставин, однак для цього необхідно не просто відтворювати звичну програму в інших умовах, а шукати такі форми роботи, які відповідають реальним можливостям спортсмена.

Список використаних джерел

1. Кононович В. Г., Усачов Д. В., Жогло В. М., Хмелюк О. В., Колоколов В. О. Комплексна підготовка спортсменів в умовах воєнного стану. Science, Technology, Innovation: Global Trends and Regional Aspect. 2024. С. 205–206.
2. Шепеленко Т. В., Бодренкова І. О., Мошенська Т. В., Лучко О. Р., Довженко С. С. Алгоритм відновлення тренувального процесу спортсменів спортивної аеробіки під час «воєнного стану» в Україні. Scientific Collection «InterConf+». 2023. № 33(155). С. 530–539. DOI: 10.51582/interconf.19-20.05.2023.046.
3. Єфременко А. М., Насонкіна О. Ю., Жогло В. М., Колоколов В. О., Хмелюк О. В., Крайник Я. Б. Актуальність впровадження засобів дистанційного навчання у процес підготовки легкоатлетів. Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15. 2024. № 6(179). С. 105–108. DOI: 10.31392/UDU-nc.series15.2024.6(179).19.
4. Dudley C., Johnston R., Jones B., Till K., Westbrook H., Weakley J. Methods of Monitoring Internal and External Loads and Their Relationships with Physical Qualities, Injury, or Illness in Adolescent Athletes: A Systematic Review and Best-Evidence Synthesis. Sports Medicine. 2023. Vol. 53. P. 1559–1593. DOI: 10.1007/s40279-023-01844-x.
5. Reardon C. L., Gouttebarge V., Kroshus-Havril E. et al. Mental health in elite athletes: International Olympic Committee consensus statement (2026). British Journal of Sports Medicine. 2026. Vol. 60, № 15. P. 1083–1130. DOI: 10.1136/bjsports-2025-111514.
6. Nuetzel B. Coping strategies for handling stress and providing mental health in elite athletes: a systematic review. Frontiers in Sports and Active Living. 2023. Vol. 5. Article 1265783. DOI: 10.3389/fspor.2023.1265783.

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.022

СУЧАСНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ У СПОРТИВНІЙ ГІМНАСТИЦІ: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ

Дейнеко Альфія Хамзіївна
Ph.D., кандидат наук з фізичного виховання та спорту, доцент
Марченков Михайло Костянтинович
доцент
Харківська державна академія фізичної культури, Україна

Актуальність. Сучасний розвиток спортивної гімнастики характеризується ускладненням структури змагальних вправ та підвищенням вимог до точності, стабільності й надійності виконання технічних елементів. Це актуалізує необхідність наукового обґрунтування змісту й організації технічної підготовки як провідного компонента багаторічного спортивного вдосконалення [7]. Сучасні дослідження розглядають технічну підготовку як багатокомпонентний процес, результативність якого визначається взаємодією біомеханічних характеристик рухів, фізичної підготовленості, закономірностей засвоєння рухових дій та контролю їх виконання [2; 9]. Важливого значення набуває узгодження технічних завдань із засобами спеціальної фізичної підготовки, що сприяє вдосконаленню структури змагальних вправ [3]. Водночас розвиток біомеханічних і цифрових технологій розширює можливості об’єктивізації параметрів рухової діяльності, оцінювання технічних дій та їх оперативної корекції [6]. Отже, актуальним є узагальнення та систематизація сучасних теоретико-методичних засад технічної підготовки у спортивній гімнастиці.

Ключові слова: спортивна гімнастика, технічна підготовка, спортсмени, рухова дія, система, гімнастична вправа.

Зв'язок роботи з важливими науковими програмами або практичними завданнями. Дослідження проводилося відповідно до ініціативної теми наукового дослідження кафедри гімнастики ХДАФК: ««Теоретико-методологічні засади формування інтегративної теорії фізичної культури (2024-2029 рр.) з державним реєстраційним номером: 0124U002326.».

Вступ. Сучасне розуміння технічної підготовки у спортивній гімнастиці передбачає цілеспрямоване оволодіння, вдосконалення та стабілізацію рухових дій з урахуванням їх структури, біомеханічних характеристик і рівня підготовленості спортсмена [2]. Традиційні методи навчання, що передбачають демонстрацію вправи, її пояснення та багаторазове повторення, зберігають своє значення, однак їх ефективність залежить від обґрунтованого добору методичних прийомів і відповідності засобів навчання поставленим завданням [2; 5]. Складність і різноманітність гімнастичних вправ зумовлюють необхідність поєднання навчання рухових дій з урахуванням їх технічної структури, послідовності засвоєння та якості виконання [5]. Сучасні дослідження у спортивній гімнастиці підкреслюють значення біомеханіки у розвитку рухових

навичок та вдосконаленні техніки виконання гімнастичних вправ [9]. Важливим є також взаємозв'язок технічної та спеціальної фізичної підготовки, що підтверджується дослідженнями з удосконалення змагальних вправ гімнастів [3]. Розвиток сучасних біомеханічних технологій створює додаткові можливості для об'єктивного оцінювання рухової діяльності, визначення її кількісних параметрів та оперативного коригування процесу підготовки [6]. Водночас важливим завданням є систематизація основних теоретико-методичних засад технічної підготовки, визначення їх змісту та засобів реалізації.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати та систематизувати сучасні теоретико-методичні засади технічної підготовки у спортивній гімнастиці, визначити їх зміст і взаємозв'язок у структурі підготовки спортсменів.

Результати дослідження. Проведений теоретичний аналіз науково-методичної літератури дозволив визначити та систематизувати основні теоретико-методичні засади сучасної системи технічної підготовки у спортивній гімнастиці. Установлено, що технічна підготовка є цілісним і багатокомпонентним процесом, у якому взаємопов'язані біомеханічне обґрунтування рухових дій, дидактико-методична організація їх навчання, поетапне формування рухових навичок, інтеграція технічної та фізичної підготовки, контрольно-корекційне й технологічне забезпечення. Основні теоретико-методичні засади, їх зміст, засоби реалізації та очікуваний результат систематизовано в табл. 1.

Таблиця 1. Теоретико-методичні засади сучасної системи технічної підготовки у спортивній гімнастиці

Теоретико-методичні засади	Зміст	Основні засоби реалізації	Очікуваний результат
Біомеханічне обґрунтування	Аналіз структури рухової дії, її просторово-часових, кінематичних і динамічних характеристик та визначення раціональної техніки виконання	Біомеханічний аналіз; відеоаналіз; оцінювання параметрів руху; моделювання; визначення причин технічних помилок	Раціоналізація техніки, підвищення точності, ефективності та економічності виконання рухів
Дидактико-методична організація	Раціональна організація навчання рухових дій відповідно до поставлених завдань, рівня підготовленості та особливостей вправи.	Пояснення і демонстрація; підвідні вправи; цілісне та розчленоване навчання; повторення; варіативне виконання	Формування правильного уявлення про рух, оволодіння способом його виконання та закріплення технічної дії.
Поетапне формування рухової навички	Поетапне оволодіння руховою дією — від початкового засвоєння її структури до стабільного та надійного виконання.	Розподіл навчання на етапи; підвідні вправи; поступове ускладнення завдань; зміна умов виконання; повторення та корекція помилок.	Формування стійкої рухової навички та здатності відтворювати технічну рухову дію

Продовження табл. 1

Теоретико-методичні засади	Зміст	Основні засоби реалізації	Очікуваний результат
Інтеграція технічної та фізичної підготовки	Взаємозв'язок розвитку фізичних якостей із вимогами техніки конкретних гімнастичних вправ.	Спеціально-фізичні вправи; координаційні вправи; силова підготовка; вправи на розвиток гнучкості; поєднання фізичних і технічних завдань	Створення фізичних і координаційних передумов для засвоєння та стабільного виконання складних вправ
Контрольно-корекційне забезпечення	Систематичне оцінювання техніки, виявлення та аналіз помилок і своєчасне внесення коректив до процесу навчання	Педагогічне спостереження; відеоаналіз; порівняння з еталонною технікою; зворотний зв'язок; коригувальні вправи	Своєчасне усунення технічних помилок, підвищення стабільності та надійності техніки виконання
Технологічне забезпечення технічної підготовки	Використання сучасних цифрових і біомеханічних технологій для об'єктивізації та моніторингу технічних дій	Відеозйомка; цифрові системи оцінювання; сенсорні системи; біомеханічні технології; моделювання; візуалізації та зворотній зв'язок.	Підвищення об'єктивності контролю, індивідуалізація корекції та оптимізація процесу навчання

Аналіз представлених у таблиці 1 положень дозволяє розглядати сучасну систему технічної підготовки не як сукупність окремих методів, а як взаємопов'язану структуру, у якій кожна складова виконує визначену функцію та доповнює інші.

Біомеханічне обґрунтування є основою цієї системи і дає можливість розкрити структуру гімнастичної вправи, обґрунтувати раціональну техніку її виконання, визначити шляхи вдосконалення та встановити причини виникнення технічних помилок, що створює підґрунтя для подальшого вибору засобів навчання та корекції техніки [2].

Визначена біомеханічна характеристика руху безпосередньо пов'язується з дидактико-методичною організацією його засвоєння. Відповідно до особливостей вправи визначаються послідовність її вивчення, добір підвідних вправ, способи пояснення та показу, умови виконання й засоби корекції. Таким чином, біомеханічне обґрунтування визначає зміст технічного завдання, а дидактико-методична організація – способи його реалізації. Такий взаємозв'язок біомеханічного та дидактичного компонентів підкреслюється у дослідженнях, присвячених раціоналізації процесу навчання рухів у системі технічної підготовки спортсменів [2]. Водночас у дослідженнях з гімнастики наголошується на необхідності врахування індивідуальних особливостей спортсменок у процесі навчання, що має важливе значення для організації технічної підготовки [1].

Дидактико-методична організація тісно пов’язана з поетапним формуванням рухової навички. Послідовне оволодіння окремими структурними компонентами вправи, їх об’єднання та поступове наближення до цілісного виконання створюють умови для переходу від початкового засвоєння до стабільного відтворення. Поступове ускладнення завдань, варіативність умов виконання та систематичне повторення сприяють закріпленню техніки, підвищенню стійкості навички та виконання в різних умовах тренувальної і змагальної діяльності. Такий підхід узгоджується з положеннями щодо раціоналізації процесу навчання рухів та вдосконалення вже опанованих гімнастичних вправ [2].

Важливе місце в системі технічної підготовки посідає інтеграція технічної та фізичної підготовки, оскільки якість виконання гімнастичних вправ значною мірою залежить від рівня розвитку фізичних якостей, необхідних для реалізації відповідної рухової структури. У сучасному спортивному тренуванні передбачається взаємозв’язок різних сторін підготовки спортсменів, зокрема фізичної та технічної, що створює підґрунтя для комплексного підходу до вдосконалення спортивної майстерності [7]. У зв’язку з цим розвиток фізичних якостей доцільно пов’язувати з вимогами конкретної технічної дії, щоб спеціально-фізичні вправи не лише підвищували рівень фізичної підготовленості, а й створювали необхідні передумови для якісного виконання складних гімнастичних елементів. Такий взаємозв’язок простежується у дослідженні А. Дейнеко [3], присвяченому вдосконаленню змагальних вправ на кільцях гімнастів 10-12 років засобами спеціальної фізичної підготовки.

Важливою умовою реалізації вищезазначених положень є контрольно-корекційне забезпечення, що передбачає систематичне оцінювання якості технічного виконання та забезпечує зворотний зв’язок між результатом виконання і подальшою організацією навчального процесу. Педагогічне спостереження, оцінювання техніки та аналіз отриманих результатів дають змогу своєчасно виявляти технічні відхилення і відповідно коригувати зміст подальшої підготовки. Важливість використання результатів контролю для внесення відповідних коректив у процес підготовки спортсменок підтверджується дослідженням І. Сиваш та О. Шинкарук [8].

Розширенню можливостей контрольно-корекційного забезпечення тренувального процесу у спортивній гімнастиці сприяє технологічне забезпечення. Використання відеозйомки, цифрового аналізу, систем моніторингу рухів та інших біомеханічних технологій дозволяє отримувати об’єктивну інформацію про параметри виконання вправи, здійснювати її кількісний та якісний аналіз, будувати моделі рухів і використовувати отримані дані для корекції та вдосконалення техніки [6]. Таким чином, сучасні технології розширюють можливості традиційного педагогічного контролю, забезпечуючи більш детальне оцінювання технічного виконання та оперативний зворотний зв’язок. Їх використання особливо перспективне для об’єктивізації технічних параметрів руху, побудови його моделей і своєчасної корекції виявлених відхилень [6].

Отже, систематизація теоретико-методичних засад дозволяє представити сучасну систему технічної підготовки у спортивній гімнастиці як послідовний взаємопов'язаний процес. Аналіз структури руху визначає зміст технічного завдання; дидактико-методична організація та поетапне формування рухової навички визначають порядок його засвоєння; фізична підготовка створює необхідні передумови для реалізації техніки; контроль визначає якість виконання та своєчасність корекції; технологічні засоби підвищують об'єктивність оцінювання й розширюють можливості індивідуалізації. Така взаємодія формує цілісну систему, орієнтовану на підвищення точності, стабільності, надійності та ефективності виконання гімнастичних вправ.

Висновки. Таким чином, проведене дослідження дозволило систематизувати основні теоретико-методичні засади сучасної системи технічної підготовки у спортивній гімнастиці та розкрити їх взаємозв'язок. Установлено, що ефективність цього процесу ґрунтується на комплексному поєднанні засобів і методичних положень у навчанні, вдосконаленні та контролі гімнастичних вправ. Такий підхід створює необхідне теоретико-методичне підґрунтя для підвищення якості, стабільності, надійності та ефективності їх виконання.

Список використаних джерел

1. Багінська О. В., Вахненко В., Тютюнник О. М. Методика навчання рухових дій в процесі технічної підготовки гімнасток-художниць молодшого шкільного віку на основі врахування особливостей розвитку їх рухової функції. Вісник Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка. 2023. Вип. 20 (176). С. 3-10.
2. Гамалій В. Біомеханічні аспекти раціоналізації процесу навчання рухів у процесі технічної підготовки спортсменів. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 2020. № 2. С. 36-41. DOI: https://doi.org/10.32652/tmfvs.2020.2.36-41 .
3. Дейнеко А. Х. Вдосконалення змагальних вправ на кільцях гімнастів 10–12 років засобами спеціальної фізичної підготовки. Слобожанський науково-спортивний вісник. 2017. № 4 (60). С. 32-35.
4. Дейнеко А. Х., Красова І. В., Семизорова А. Я., Гладка Є. В. Застосування інформаційних технологій у тренувальному процесі для розвитку гнучкості гімнасток. Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова. Серія 15. 2025. № 11 (198). С. 34-37. DOI: https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series15.2025.11(198).07.
5. Дейнеко А. Х., Марченков М. К., Красова І. В. Теоретико-методичні основи викладання гімнастики : навч. посіб. Харків : ХДАФК, 2020. 170 с.
6. Козак І., Жирнов О. Сучасні тренди біомеханічних технологій у спорті. Теорія і методика фізичного виховання і спорту. 2023. № 4. С. 20-26. DOI: https://doi.org/10.32652/tmfvs.2023.4.20-26 .
7. Платонов В. М. Сучасна система спортивного тренування. Київ : Перша друкарня, 2021. 672 с.

8. Сиваш І., Шинкарук О. Застосування комплексного контролю в системі підготовки кваліфікованих гімнасток в групових вправах. Актуальні проблеми фізичного виховання та методики спортивного тренування. 2017. № 2. С. 42-47.
9. Farana R., Williams G., Fujihara T., Wyatt H. E., Naundorf F., Irwin G. Current issues and future directions in gymnastics research: Biomechanics, motor control and coaching interface. Sports Biomechanics. 2023. Vol. 22, No. 2. P. 161-185. DOI: https://doi.org/10.1080/14763141.2021.2016928 .

SECTION: PHYSICS AND ASTRONOMY

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СИНТЕЗУ ЛЕГОВАНИХ ЗРАЗКІВ $Li_2B_4O_7:Eu^{3+}$, $Li_2B_4O_7:Tb^{3+}$ ТА $Li_2B_4O_7:Dy^{3+}$ ДЛЯ СПЕКТРОСКОПІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Легеза Павло Юрійович
аспірант
Кафедра твердотільної електроніки та інформаційної безпеки
Державний вищий навчальний заклад
«Ужгородський національний університет», Україна

Анотація. У роботі проаналізовано технологічні особливості синтезу легованих зразків тетраборату літію $Li_2B_4O_7$, активованих іонами Eu^{3+}, Tb^{3+} та Dy^{3+}. Розглянуто основні стадії отримання матеріалу методом твердофазної реакції, зокрема підготовку вихідних компонентів, їх змішування та гомогенізацію, спікання, контрольоване охолодження і після синтезну термічну обробку. Показано, що температурний режим синтезу визначає ефективність включення домішкових іонів до кристалічної структури та впливає на концентрацію структурних дефектів, які значною мірою формують спектроскопічні характеристики матеріалу. Встановлено, що застосування багатостадійного спікання з подальшим повільним охолодженням та відпалом сприяє формуванню однофазних зразків із високим ступенем структурної впорядкованості. Запропоновано оптимізовану технологічну схему отримання $Li_2B_4O_7:Eu^{3+}$, $Li_2B_4O_7:Tb^{3+}$ та $Li_2B_4O_7:Dy^{3+}$, придатних для подальших спектроскопічних і люмінесцентних досліджень.

Ключові слова: тетраборат літію, рідкоземельні іони, Eu^{3+}, Tb^{3+}, Dy^{3+}, твердофазний синтез, спікання, люмінесценція, термічна обробка, спектроскопія.

Введення. Серед борвмісних функціональних матеріалів тетраборат літію $Li_2B_4O_7$ займає особливе місце завдяки поєднанню високої радіаційної стійкості, широкої забороненої зони, низького ефективного атомного номера та значного потенціалу для легування різними активаторами [1–4]. Матеріал широко використовується в дозиметрії іонізуючого випромінювання, сцинтиляційній техніці, акустооптиці та фотоніці [2, 5].

Легування $Li_2B_4O_7$ рідкоземельними іонами Eu^{3+}, Tb^{3+}, Dy^{3+}, Ce^{3+} та іншими активаторами дає змогу отримувати люмінесцентні матеріали з керованими спектральними характеристиками [6–9]. Водночас ефективність легування значною мірою залежить від технологічних умов синтезу. Навіть незначні відхилення температурного режиму, тривалості спікання або швидкості

охолодження можуть спричиняти утворення вторинних фаз, кисневих вакансій, локальних деформацій та інших структурних дефектів [10–12].

Особливого значення технологічні параметри набувають під час підготовки зразків для спектроскопічних досліджень, оскільки концентрація та характер дефектних центрів безпосередньо впливають на процеси поглинання, перенесення енергії та випромінювання. Тому визначення оптимальної послідовності технологічних операцій є важливою умовою отримання відтворюваних спектроскопічних характеристик.

Метою роботи є узагальнення технологічних підходів до синтезу легованих зразків $Li_2B_4O_7:Eu^{3+}$, $Li_2B_4O_7:Tb^{3+}$ та $Li_2B_4O_7:Dy^{3+}$ і визначення оптимальних параметрів твердофазного синтезу, спікання, контрольованого охолодження та післясинтезної термічної обробки для отримання матеріалів, придатних до спектроскопічних досліджень.

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі завдання:

- проаналізувати особливості твердофазного синтезу тетраборату літію;
- визначити основні технологічні параметри підготовки та спікання вихідної суміші;
- розглянути вплив легування іонами Eu^{3+}, Tb^{3+} та Dy^{3+} на структуроутворення $Li_2B_4O_7$;
- оцінити роль швидкості охолодження та післясинтезної термічної обробки у формуванні структурних і спектроскопічних властивостей;
- запропонувати оптимізовану технологічну схему отримання легованих зразків $Li_2B_4O_7$ для подальших спектроскопічних досліджень.

Вихідні компоненти та підготовка до синтезу

Для синтезу тетраборату літію використовують карбонат літію Li_2CO_3 та борну кислоту H_3BO_3 високої чистоти [9, 13]. Як легуючі домішки можуть застосовуватися оксиди або нітрати рідкоземельних елементів, зокрема Eu_2O_3, Tb_4O_7, Dy_2O_3, CeO_2, Pr_6O_{11} та інші сполуки [6, 8].

Стехіометричний розрахунок основних компонентів проводять відповідно до реакції:

$$Li_2CO_3 + 4H_3BO_3 \rightarrow Li_2B_4O_7 + CO_2\uparrow + 6H_2O\uparrow \quad (1)$$

Перед змішуванням вихідні реагенти висушують при температурі 100–120 °C протягом 2–3 год для видалення адсорбованої вологи [9, 13]. Зважування компонентів здійснюють на аналітичних вагах із точністю не менше ±0,0001 г.

Для забезпечення рівномірного розподілу легуючої домішки порошкову суміш піддають ретельній гомогенізації. Залежно від технологічного обладнання змішування проводять у планетарному млині або агатовій ступці протягом 30–60 хв [11, 12]. Однорідність вихідної суміші є важливою умовою формування рівномірної концентрації активаторів у кінцевому матеріалі.

Особливості твердофазного синтезу $Li_2B_4O_7$

Твердофазний синтез залишається одним із найбільш поширених методів отримання $Li_2B_4O_7$ завдяки простоті реалізації, доступності вихідних компонентів та можливості контролю хімічного складу матеріалу [9, 11].

У процесі нагрівання вихідної суміші відбувається послідовна трансформація компонентів. Основними стадіями є дегідратація борної кислоти, утворення борного ангідриду B_2O_3, розклад карбонату літію та формування кристалічної фази $Li_2B_4O_7$.

Основні реакції можна представити у вигляді:

$$2H_3BO_3 \rightarrow B_2O_3 + 3H_2O\uparrow \quad (2)$$

$$Li_2CO_3 \rightarrow Li_2O + CO_2\uparrow \quad (3)$$

$$Li_2O + 2B_2O_3 \rightarrow Li_2B_4O_7 \quad (4)$$

За даними рентгенофазового аналізу, формування однофазного $Li_2B_4O_7$ завершується в температурному інтервалі 750–850 °C [1, 10, 14]. Вибір конкретної температури та тривалості витримки залежить від складу вихідної суміші, концентрації легуючої домішки та необхідного ступеня структурної однорідності.

Процес спікання легованих зразків

Спікання є ключовим етапом синтезу, оскільки саме в цей період відбувається остаточне формування кристалічної структури та дифузійне включення домішкових іонів у кристалічну ґратку [5, 10].

Перший етап нагрівання проводять до температури 350–400 °C зі швидкістю 2–5 °C/хв. Витримка при цій температурі протягом 1–2 год забезпечує видалення продуктів дегідратації та сприяє поступовому проходженню початкових стадій твердофазних реакцій [9].

Подальше нагрівання до 700–750 °C сприяє активному перебігу твердофазних реакцій та формуванню основної фази $Li_2B_4O_7$ [10, 11]. Для досягнення високої структурної однорідності температуру підвищують до 800–850 °C із витримкою від 4 до 8 год [2, 14].

Зі збільшенням концентрації рідкоземельних домішок тривалість ізотермічної витримки може потребувати збільшення, оскільки дифузійне переміщення активаторів та їх включення до структури матеріалу потребують додаткового часу [7, 15].

Багатостадійний режим спікання є доцільним для зразків $Li_2B_4O_7:Eu^{3+}$, $Li_2B_4O_7:Tb^{3+}$ та $Li_2B_4O_7:Dy^{3+}$, оскільки дає змогу поступово видалити леткі компоненти, сформувати основну кристалічну фазу та забезпечити більш рівномірний розподіл легуючих іонів.

Вплив легування на структуроутворення

Іони рідкоземельних елементів характеризуються іонними радіусами, що відрізняються від радіусів іонів основної кристалічної структури $Li_2B_4O_7$. Їх включення до матеріалу може супроводжуватися локальними деформаціями кристалічної ґратки [6, 8].

Під час синтезу легованих зразків можуть формуватися кисневі вакансії, міжвузлові дефекти, домішкові комплекси та локальні напруження. Наявність таких дефектів суттєво впливає на люмінесцентні властивості матеріалу, оскільки вони можуть виконувати роль центрів захоплення носіїв заряду або каналів безвипромінювальної релаксації [5, 7, 16].

Для зменшення небажаної концентрації дефектів доцільно використовувати повільне нагрівання та тривалу ізотермічну витримку на стадії спікання [10, 15]. Водночас повністю усувати дефектні центри недоцільно, оскільки їх наявність може відігравати важливу роль у процесах люмінесценції та термостимульованої люмінесценції.

Контрольоване охолодження

Після завершення синтезу важливим технологічним етапом є контрольоване охолодження зразків. Різке охолодження може призводити до виникнення значних термічних напружень, мікротріщин та локальних структурних неоднорідностей [1, 13].

Найбільш ефективним для формування структурно досконалих зразків вважається повільне охолодження зі швидкістю приблизно 1–3 °C/хв [2, 14]. У деяких випадках застосовують ступінчасте охолодження з проміжними витримками при температурах близько 600 °C та 400 °C. Такий режим сприяє релаксації внутрішніх напружень і підвищенню структурної досконалості матеріалу [15].

Контрольоване охолодження сприяє зменшенню залишкових напружень, покращенню кристалічності, стабілізації домішкових центрів та підвищенню відтворюваності люмінесцентних характеристик [7, 8].

Термічна обробка після синтезу

Для додаткового покращення структурних та оптичних властивостей легованого $Li_2B_4O_7$ після основного синтезу проводять термічний відпал [6, 16]. Температура післясинтезної термообробки зазвичай становить 500–700 °C, а тривалість процесу — від 2 до 10 год [5, 8].

Залежно від поставленої мети відпал може здійснюватися на повітрі, в атмосфері кисню або в атмосфері аргону. Вибір атмосфери дає змогу певною мірою контролювати концентрацію кисневих вакансій та стабільність валентного стану активаторів [2, 16].

Для спектроскопічних досліджень особливо важливим є забезпечення відтворюваності умов відпалу, оскільки зміна температури, тривалості або газового середовища може спричиняти зміну співвідношення випромінювальних і безвипромінювальних каналів релаксації.

Вплив термообробки на спектроскопічні характеристики

Термічна обробка сприяє частковому впорядкуванню структури та усуненню частини дефектних центрів [7, 17]. У результаті оптимального відпалу може спостерігатися збільшення інтенсивності фотолюмінесценції, зменшення ширини спектральних смуг, підвищення квантового виходу люмінесценції та покращення відтворюваності спектроскопічних характеристик [6, 8, 18].

Для зразків $Li_2B_4O_7:Eu^{3+}$ та $Li_2B_4O_7:Tb^{3+}$ інтенсивність люмінесценції після оптимальної термообробки, за даними літератури, може збільшуватися на 20–40 % [7, 18]. Зміна спектральних характеристик пов'язана зі зміною локального оточення активаторів, концентрації дефектних центрів та ефективності перенесення енергії в кристалічній структурі.

Оптимізована технологічна схема синтезу

На основі аналізу літературних даних можна запропонувати таку послідовність отримання легованих зразків $Li_2B_4O_7:Eu^{3+}$, $Li_2B_4O_7:Tb^{3+}$ та $Li_2B_4O_7:Dy^{3+}$:

1. Сушіння вихідних реагентів при температурі 120 °C протягом 2 год.
2. Зважування компонентів відповідно до заданого стехіометричного складу.
3. Змішування та гомогенізація вихідної суміші.
4. Нагрівання до 350 °C зі швидкістю 2–5 °C/хв та витримка протягом 2 год.
5. Спікання при температурі 750 °C протягом 4 год.
6. Додаткове спікання при температурі 850 °C протягом 6 год.
7. Повільне охолодження зі швидкістю близько 2 °C/хв.
8. Післясинтезний відпал при температурі 600 °C протягом 4 год.
9. Остаточне охолодження до кімнатної температури.

Запропонована технологічна схема поєднує поступове видалення летких компонентів, повне формування основної кристалічної фази, сприятливі умови для дифузійного включення активаторів та релаксацію структурних напружень. Її застосування може забезпечити отримання однофазного матеріалу з рівномірним розподілом домішок та контрольованою концентрацією структурних дефектів [2, 10, 14].

Наукова новизна. Наукова новизна роботи полягає в узагальненні технологічних параметрів твердофазного синтезу легованих зразків $Li_2B_4O_7:Eu^{3+}$, $Li_2B_4O_7:Tb^{3+}$ та $Li_2B_4O_7:Dy^{3+}$ для спектроскопічних досліджень. Обґрунтовано доцільність поєднання багатостадійного спікання при 750–850 °C, контрольованого повільного охолодження та післясинтезного відпалу при 600 °C для забезпечення структурної однорідності та відтворюваності спектроскопічних характеристик матеріалу. Запропоновано оптимізовану послідовність технологічних операцій, що дає змогу контролювати формування структурних дефектів і стабілізацію домішкових центрів.

Висновки. Проаналізовано основні технологічні особливості синтезу легованих зразків $Li_2B_4O_7:Eu^{3+}$, $Li_2B_4O_7:Tb^{3+}$ та $Li_2B_4O_7:Dy^{3+}$ методом твердофазної реакції. Встановлено, що визначальними параметрами формування якісного матеріалу є температура і тривалість спікання, швидкість охолодження та умови післясинтезної термообробки.

Запропоновано оптимізовану технологічну схему, яка передбачає багатостадійне спікання при 750–850 °C, повільне охолодження зі швидкістю близько 2 °C/хв та відпал при 600 °C протягом 4 год. Застосування такого режиму сприяє формуванню структурно однорідних зразків із відтворюваними спектроскопічними та люмінесцентними характеристиками.

Список використаних джерел

1. Byrappa, K., & Shekar, K. V. K. (1992). Hydrothermal synthesis and characterization of piezoelectric lithium tetraborate crystals. Journal of Materials Chemistry.

2. Echeverria, E., et al. (2024). Lithium tetraborate as a neutron scintillation detector: A review. Crystals.
3. Adamiv, V., Burak, Y., & Teslyuk, I. (2022). Lithium tetraborate based scintillation materials. Lviv.
4. McKeown, D. A. (2018). Structural and optical properties of lithium tetraborate crystals. Journal of Materials Science.
5. Nambi, K. S. V., et al. (1980). Luminescence studies of rare-earth doped lithium tetraborate. Nuclear Instruments and Methods.
6. Islam, M. N. (2022). Rare earth doped borate materials for photonic applications. Optical Materials.
7. $Li_2B_4O_7$-based phosphors: Doping art and interplay of impurities. (2025). Optical Materials.
8. Chen, R., & Pagonis, V. (2021). Thermally and Optically Stimulated Luminescence. Wiley.
9. Pekpak, E. (2009). Synthesis and characterization of lithium tetraborate doped with metals [Master's thesis].
10. Çelik, M. G. (2016). Synthesis and characterization of lithium tetraborate phosphors [Doctoral dissertation].
11. Çelik, M. G., Yılmaz, A., & Yazıcı, A. N. (2011). Journal of Alloys and Compounds.
12. Kobayashi, M., et al. (2015). Scintillation characteristics of $Li_2B_4O_7$ crystals. IEEE Transactions on Nuclear Science.
13. Bos, A. J. J. (2019). High sensitivity lithium borate phosphors for radiation dosimetry. Radiation Measurements.
14. Sangeeta, R., & Singh, V. (2023). Structural and spectroscopic studies of $Li_2B_4O_7$ crystals doped with rare-earth ions. Journal of Luminescence.
15. Kelemen, M., & Bos, A. J. J. (2020). Rare-earth activated lithium borates for luminescent applications. Radiation Measurements.
16. Burak, Y., Adamiv, V., & Teslyuk, I. (2023). Spectroscopic properties of rare-earth-doped lithium tetraborate crystals. Functional Materials.
17. Ваків, М. М., & Кушнір, О. С. (2021). Фізика люмінесцентних матеріалів. Львів.
18. Ніколайчук, І. В. (2022). Спектроскопія борвмісних кристалів. Ужгород.
19. Гаврилюк, В. Б. (2020). Методи синтезу функціональних матеріалів. Київ.
20. Rodnyi, P. A. (1997). Physical Processes in Inorganic Scintillators. CRC Press.
21. Blasse, G., & Grabmaier, B. C. (1994). Luminescent Materials. Springer.
22. Yen, W. M., & Weber, M. J. (2004). Inorganic Phosphors. CRC Press.
23. Henderson, B., & Imbusch, G. F. (2006). Optical Spectroscopy of Inorganic Solids. Oxford University Press.
24. Singh, J. (2006). Optical Properties of Condensed Matter and Applications. Wiley.
25. Aitasalo, T., et al. (2003). Persistent luminescence phenomena in materials doped with rare-earth ions. Journal of Solid State Chemistry.

SECTION: PSYCHOLOGY

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.023

КОМПЕТЕНТНІСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ АСИСТЕНТСЬКОЇ ПРАКТИКИ В УМОВАХ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНЬОГО КЛІНІЧНОГО ПСИХОЛОГА ДЛЯ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ПСИХІЧНОГО ЗДОРОВ'Я

Войтович Ганна Вікторівна
кандидат психологічних наук, старший викладач
Тертична Надія Анатоліївна
кандидат психологічних наук, доцент
Рожкова Інга Володимирівна
доктор наук з публічного управління, професор
Кафедра загальної і медичної психології,
Національний медичний університет
імені О.О. Богомольця,
Київ, Україна

Сучасний етап розвитку системи охорони психічного здоров’я в Україні характеризується одночасним впливом кількох масштабних трансформаційних чинників: наслідки повномасштабної війни; зміни структури та характеру запиту населення на психологічну допомогу; реформування системи охорони психічного здоров’я; інтеграція психічного здоров’я в систему первинної медичної допомоги; розвиток послуг на рівні територіальних громад; цифровізація психологічної допомоги та поступове наближення української системи професійної підготовки психологів до європейських стандартів. Відповідно, підготовка клінічного психолога сьогодні не може обмежуватися засвоєнням сукупності теоретичних знань і традиційних професійних умінь. Вона має забезпечувати формування цілісної системи професійних компетентностей у майбутнього фахівця, здатного функціонувати в умовах невизначеності, міждисциплінарної взаємодії, високої інтенсивності професійних навантажень та постійного оновлення наукових знань.

Важливо, що сучасна система охорони психічного здоров’я дедалі більше переходить від моделі, орієнтованої переважно на спеціалізовану допомогу в межах окремих установ, до інтегрованої, міждисциплінарної та community-based моделі. Всесвітня організація охорони здоров’я у Всесвітньому звіті про психічне здоров’я підкреслює необхідність трансформації середовищ, у яких люди живуть і працюють, розвитку послуг на рівні громади, інтеграції психічного здоров’я в первинну медичну допомогу та підвищення якості професійних кадрів [1].

За цих умов змінюється і роль клінічного психолога. Він виступає не лише фахівцем, який проводить психологічне обстеження або здійснює психологічну інтервенцію, а й учасником складної системи професійної взаємодії. Клінічний психолог має вміти працювати в команді з лікарями, психотерапевтами, соціальними працівниками, фахівцями з реабілітації, педагогами та представниками інших професій; здійснювати комунікацію з пацієнтами та їхніми родинами; користуватися доказовими методами оцінювання й допомоги; дотримуватися професійної етики; здійснювати супервізійну та консультативну діяльність; брати участь у науково-дослідницьких проєктах і водночас бути здатним передавати професійні знання майбутньому поколінню психологів.

Таким чином, сучасний клінічний психолог потенційно виступає також викладачем, наставником, супервізором, консультантом та організатором професійного навчання. Саме тому підготовка магістрів клінічної психології повинна містити не лише клінічний, дослідницький та консультативний, а й педагогічний компоненти.

В українській системі вищої освіти чинний стандарт спеціальності 053 «Психологія» другого (магістерського) рівня затверджений наказом Міністерства освіти і науки України № 564 від 24 квітня 2019 року [2]. Водночас у 2026 р. МОН розпочало громадське обговорення нового стандарту другого магістерського рівня за спеціальністю С4 «Психологія», що засвідчує процес адаптації професійної підготовки психологів до сучасної структури галузей знань та нових вимог до компетентностей здобувачів [3].

З огляду на це особливого значення набуває проблема підготовки компетентного викладача вищої школи. Викладач психології має бути не просто носієм професійних знань, а фахівцем, здатним організовувати освітній процес, формувати професійні компетентності студентів, використовувати інтерактивні та цифрові технології навчання, оцінювати результати навчання, здійснювати педагогічну комунікацію, підтримувати академічну доброчесність та інтегрувати результати сучасних наукових досліджень у зміст освітнього процесу.

Проблема полягає в тому, що професійна компетентність клінічного психолога та педагогічна компетентність викладача не є тотожними. Високий рівень клінічної майстерності сам по собі не гарантує здатності ефективно навчати інших. Водночас викладач психології, який не має достатньої практичної підготовки, ризикує перетворити освітній процес на формальну трансляцію теоретичної інформації. Отже, перспективною є модель, у якій клінічна компетентність та педагогічна компетентність розвиваються взаємопов’язано.

Одним із найбільш ефективних механізмів такого поєднання може бути асистентська практика магістрів. Асистентська практика створює ситуацію професійного переходу від позиції здобувача освіти до позиції майбутнього фахівця, який бере відповідальність за частину освітнього процесу. У межах практики магістрант спостерігає за діяльністю викладача, планує та проводить навчальні заняття, готує дидактичні матеріали, комунікує зі студентами, бере участь в оцінюванні навчальних результатів, здійснює самоаналіз та отримує професійний зворотний зв’язок. У методичних рекомендаціях щодо

асистентської практики студентів психологічних спеціальностей її визначено як важливу складову підготовки магістрів, яка поєднує теоретичну підготовку майбутнього викладача з практичною діяльністю.

Отже, питання теоретичного обґрунтування компетентнісного потенціалу асистентської практики магістрів клінічної психології та визначення комплексу hard skills і soft skills, які можуть формуватися в майбутніх викладачів вищої школи в процесі такої практики є вкрай важливим.

Компетентнісний підхід є одним із ключових методологічних орієнтирів сучасної професійної освіти. Його принципова відмінність від знаннєвої моделі полягає в тому, що результатом освітнього процесу розглядається не лише обсяг засвоєної інформації, а здатність особистості застосовувати знання, уміння, цінності та досвід для розв'язання професійних завдань у реальних або змодельованих ситуаціях.

Для підготовки клінічного психолога така логіка є особливо значущою. Клінічна практика характеризується складністю, варіативністю та невизначеністю. Одна й та сама симптоматика може мати різні психологічні та психосоціальні причини; одна й та сама інтервенція може мати різний ефект у різних категорій клієнтів; професійне рішення часто потребує інтеграції результатів психологічної діагностики, клінічної бесіди, анамнестичних даних, інформації від інших фахівців та оцінювання соціального контексту.

Тому компетентність клінічного психолога доцільно розглядати як інтегративне утворення, що включає: професійні знання; практичні уміння; здатність застосовувати доказові методи; етичну відповідальність; комунікативну компетентність; здатність до міждисциплінарної взаємодії; рефлексивність; здатність до професійного саморозвитку; цифрову компетентність; готовність до роботи в умовах невизначеності.

Український стандарт вищої освіти за спеціальністю 053 «Психологія» закладає компетентнісну логіку підготовки магістра психології, орієнтуючи освітній процес на формування інтегральних, загальних і спеціальних компетентностей. У сучасних освітніх програмах спеціальності також акцентуються практикоорієнтована діяльність, психодіагностика, психометрія, психологічне консультування, психокорекційна діяльність, психотерапія, психологічний супровід, дослідницька та викладацька діяльність.

Компетентнісний підхід дозволяє розглядати професійне становлення клінічного психолога як послідовний процес переходу: знання → уміння → досвід застосування → професійна компетентність → професійна автономність → здатність передавати компетентність іншим.

Останній компонент є особливо важливим для магістерської підготовки, оскільки магістр потенційно стає не лише споживачем професійного знання, а й учасником його відтворення та поширення.

У міжнародній практиці професійної підготовки психологів компетентнісна модель також займає центральне місце. Сучасні підходи Американської психологічної асоціації включають дослідницьку діяльність, етичні та правові стандарти, індивідуальне й культурне різноманіття, професійні цінності,

комунікацію, оцінювання, інтервенцію, супервізію, консультування та міжпрофесійну взаємодію [4].

Особливо показовим є те, що сучасні рекомендації APA для підготовки психологів у первинній медичній допомозі виокремлюють шість взаємопов'язаних блоків компетентностей: наука, системи, професіоналізм, професійні відносини, застосування та освіта [4]. Останній блок безпосередньо містить компетентності викладання і супервізії. Це дозволяє зробити важливий висновок: педагогічна компетентність не є зовнішньою щодо професійної компетентності психолога. Навпаки, у сучасній системі психічного здоров'я здатність навчати, консультувати, супроводжувати професійний розвиток інших фахівців і здійснювати супервізію стає складовою професійної діяльності.

Для магістра клінічної психології це означає необхідність формування двох взаємопов'язаних контурів компетентності.

Перший контур — клінічно-професійний. Він охоплює психодіагностику, психологічну оцінку, клінічне інтерв'ювання, планування психологічної допомоги, проведення інтервенцій, кризову допомогу, роботу з сім'єю, міждисциплінарну взаємодію та професійну етику.

Другий контур — педагогічно-професійний. Він включає планування освітнього процесу, методику викладання психологічних дисциплін, створення навчальних матеріалів, оцінювання навчальних результатів, педагогічну комунікацію, цифрові освітні технології, рефлексію власної педагогічної діяльності та базові навички супроводу професійного розвитку студентів.

Асистентська практика є простором, у якому ці два контури можуть інтегруватися. Наприклад, магістрант, який проводить практичне заняття з клінічної психології, одночасно застосовує власні фахові знання та реалізує педагогічні дії. Він має не лише знати матеріал про певний психічний розлад, а й визначити навчальну мету заняття, підібрати відповідний дидактичний матеріал, пояснити складну інформацію доступною мовою, поставити проблемне запитання, організувати дискусію, оцінити рівень засвоєння матеріалу та надати конструктивний зворотний зв'язок. Таким чином, відбувається перетворення професійного знання на педагогічно структуроване знання. Цей процес можна визначити як педагогічну трансформацію професійної компетентності.

Вона передбачає здатність: структурувати професійне знання; визначати його ключові поняття; встановлювати логічні зв'язки між теорією та практикою; адаптувати складність матеріалу до рівня студентів; демонструвати практичне застосування теоретичних положень; створювати навчальні ситуації; оцінювати сформованість відповідних компетентностей у студентів. Саме в цьому проявляється значний потенціал асистентської практики.

Асистентська практика майбутнього клінічного психолога не повинна зводитися до виконання технічних функцій асистента викладача. Її доцільно розглядати як кероване професійне навчання через діяльність, у якому магістрант отримує можливість поступово переходити від спостереження до самостійної діяльності.

Оптимальна структура такого переходу може бути представлена у вигляді чотирьох етапів:

1. Спостереження. Магістрант аналізує роботу викладача, способи організації заняття, комунікацію зі студентами, методи оцінювання.

2. Співдіяльність. Магістрант бере участь у підготовці та проведенні окремих елементів заняття.

3. Часткова самостійність. Магістрант самостійно проводить фрагмент заняття або окреме практичне заняття під супроводом викладача.

4. Самостійна педагогічна діяльність із рефлексією. Магістрант планує, проводить та аналізує навчальне заняття, отримуючи зворотний зв'язок.

Саме така послідовність дозволяє уникнути двох крайнощів. По-перше, формального проходження практики без реального педагогічного досвіду. По-друге, передчасного покладання на магістранта відповідальності, до якої він ще не готовий. У цьому контексті особливого значення набуває супервізія. У міжнародних рекомендаціях APA клінічна супервізія розглядається як окремий професійний процес, що потребує спеціальної компетентності супервізора, чітких меж, етичних принципів, оцінювання компетентностей і якісного професійного зворотного зв'язку [5].

Педагогічна супервізія в асистентській практиці має бути спрямована не на контроль магістранта як такого, а на його професійне становлення. Важливо, щоб зворотний зв'язок був конкретним, поведінково орієнтованим і спрямованим на розвиток. Наприклад, замість формулювання «заняття було недостатньо цікавим» доцільно зазначити: «Під час обговорення клінічного випадку більшість запитань була закритою, що обмежило можливість студентів самостійно сформулювати клінічні гіпотези. Наступного разу доцільно використати відкриті запитання та організувати коротку роботу в малих групах». Такий формат зворотного зв'язку одночасно розвиває професійну рефлексію, аналітичне мислення і педагогічну майстерність.

Отже, компетентнісний потенціал асистентської практики доцільно реалізовувати через логічну послідовність окреслених етапів: «спостереження — співдіяльність — часткова самостійність — самостійна діяльність — рефлексія». Важливим компонентом при цьому є супровід наставника та систематичний професійний зворотний зв'язок. Саме такий компетентнісний підхід дозволяє розглядати асистентську практику не як допоміжний компонент магістерської освіти, а як інтегративний механізм формування професійно-педагогічної компетентності майбутнього клінічного психолога для виконання професійної діяльності в системі охорони психічного здоров'я.

Список використаних джерел

1. Всесвітня організація охорони здоров'я. (2022). World mental health report: Transforming mental health for all. World Health Organization.

2. Міністерство освіти і науки України. (2019). Про затвердження стандарту вищої освіти за спеціальністю 053 «Психологія» для другого (магістерського) рівня вищої освіти: Наказ № 564 від 24 квітня 2019 року.

3. Міністерство освіти і науки України. (2026, 21 липня). МОН пропонує до громадського обговорення проєкт стандарту вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності С4 «Психологія». URL https://mon.gov.ua/news/mon-proponuie-do-hromadskoho-obhovorennia-proiekt-standartu-vyshchoi-osvity-druhoho-mahisterskoho-rivnia-zi-spetsialnosti-s4-psykholohiia
4. American Psychological Association. (2025). APA guidelines for education and training competencies for doctoral-level psychology practice in primary care settings. American Psychological Association.
5. American Psychological Association. (2025). APA guidelines for clinical supervision in health service psychology. American Psychological Association.

PSYCHOLOGICAL BARRIERS TO AI AGENT ADOPTION IN BUSINESS: A TAXONOMY OF FEARS AND AN ACCEPTANCE MODEL

Kutuzakin Dmytro
Businessman, Serial Entrepreneur,
Business Mentor and Consultant (Denmark, Ukraine)
Honcharova Svitlana
Ph.D., Associate Professor
Business Mentor and Consultant (Slovakia, Ukraine)
ORCID ID: 0000-0002-2463-8290
Scopus Author ID: 56809453600

Relevance of the study. The application of artificial intelligence in business in 2026 is characterised by a paradox that calls for explanation. According to European analytical reports, 78% of companies use AI in one form or another, and 51% of enterprises run AI agents in production [1]. Meaningful returns from generative AI, however, are obtained by only 29% of organisations, and from AI agents — by just 23% [2]. Gartner forecasts that more than 40% of agentic projects may be cancelled by 2027 due to a lack of governance and measurable business outcomes [3].

For a long time, the causes of this gap were sought in the technical domain — insufficient data, integration complexity, immature models, and high implementation costs. By mid-2026, an alternative research position has emerged, according to which the main obstacle is not the technology itself but the way it is perceived by the person making the adoption decision. Deloitte's "State of AI 2026" reports that 54% of C-suite executives acknowledge the destabilising effect of AI deployment on their organisations [2]. McKinsey notes that only 1% of companies consider their AI rollouts mature [1]. In their previously published works, the authors have analysed this gap from the organisational [4] and the engineering-managerial [5] perspectives. The present study examines the gap from a psychological perspective, where, according to our hypothesis, it originates.

This topic is particularly relevant for small and medium-sized enterprises (SMEs), where the decision to adopt a technology is made by a single individual — the owner or the manager. In a large corporation, the psychological barrier of one manager is compensated for by systemic procedures; in a small business, the owner's psychology is itself the system.

The purpose of the study is to identify and systematise the psychological barriers that hinder the adoption of AI agents among SME entrepreneurs, and to propose a staged model of technology acceptance applicable in consulting and educational practice.

The research objectives include the systematisation of psychological barriers to AI agent adoption based on observations from the authors' consulting and educational practice, the construction of a taxonomy of barriers that enables diagnosis of a specific type of resistance, the justification of an author-proposed Four-Stage Technology Acceptance Model (4STA), and the formulation of practical tools for overcoming barriers at each stage.

Methodology. The study is interdisciplinary and draws on three methods. The first is a secondary analysis of research on technology acceptance, including F. Davis's Technology Acceptance Model (TAM), E. Rogers's diffusion of innovations model, and the behavioural economics research of D. Kahneman and A. Tversky on cognitive biases. The second is a secondary analysis of European and international analytical reports from 2025–2026, including Deloitte, WRITER, McKinsey Europe, Stanford HAI, PwC EU, and OECD. The third is the synthesis of structured observations by the authors.

The empirical base of the study consists of a sample of 170 entrepreneurs who completed the authors' proprietary course "Neural Networks for Business" or received consulting support for digital transformation between 2023 and 2026. Geographically, the sample covers Ukraine, Slovakia, Denmark, and other European Union countries. The sample includes entrepreneurs of both sexes aged 30–50 years. Industries represented include e-commerce, service-based businesses (beauty industry, education, consulting), and B2B services. The observation methodology combined structured intake and exit interviews, analysis of behavioural patterns during practical tasks, and the recording of objections and resistance encountered while working with AI tools.

Findings. The literature on technology acceptance is dominated by a rationalist model, according to which a person weighs perceived usefulness and perceived ease of use and, on this basis, makes a decision [6]. Our observations show that this model has limited explanatory power for SME entrepreneurs. The decision to adopt AI is rarely purely rational. It passes through several layers of anxiety, each with its own specific psychological nature.

Based on the analysis of 170 cases, the authors identified eight typical barriers arranged along two axes. The first axis is the source of anxiety: internal (fear about oneself) or external (fear about the environment). The second axis is the nature of the experience: cognitive (thoughts and evaluations) or emotional (feelings and sensations). The resulting matrix consists of four quadrants and eight barriers, presented in Fig. 1.

The first quadrant groups cognitive-internal barriers relating to the entrepreneur's thoughts about themselves. The dominant form here is the illusion of control, found in 47% of the sample and expressed in the statement "I will still double-check every AI response anyway." The second common form is fear of expertise devaluation (34% of the sample), verbalised as the concern that clients "will realise I am not unique."

The second quadrant includes emotional-internal barriers that relate to the entrepreneur's feelings about themselves. The key and most widespread barrier across the entire sample is fear of losing control over the process, found in 65% of respondents and expressed in the statement "AI will do something wrong, and I will not notice." It is complemented by fear of dependence on technology (28% of the sample), manifested in the belief "I will become hooked on AI and forget how to do things myself."

The third quadrant is formed by cognitive-external barriers related to thoughts about the external environment. Predominant here is distrust of AI quality (58% of the sample), expressed as concern about model hallucinations, as well as fear of technical complexity (41% of the sample), verbalised as "I am not a programmer, this is not for me."

The fourth quadrant contains emotional-external barriers relating to feelings about the environment. It consists of fear of customer rejection (52% of the sample), formulated as "clients do not like bots — once they find out, they will leave," and social pressure from the professional environment (19% of the sample), manifested in the fear of being judged by colleagues.

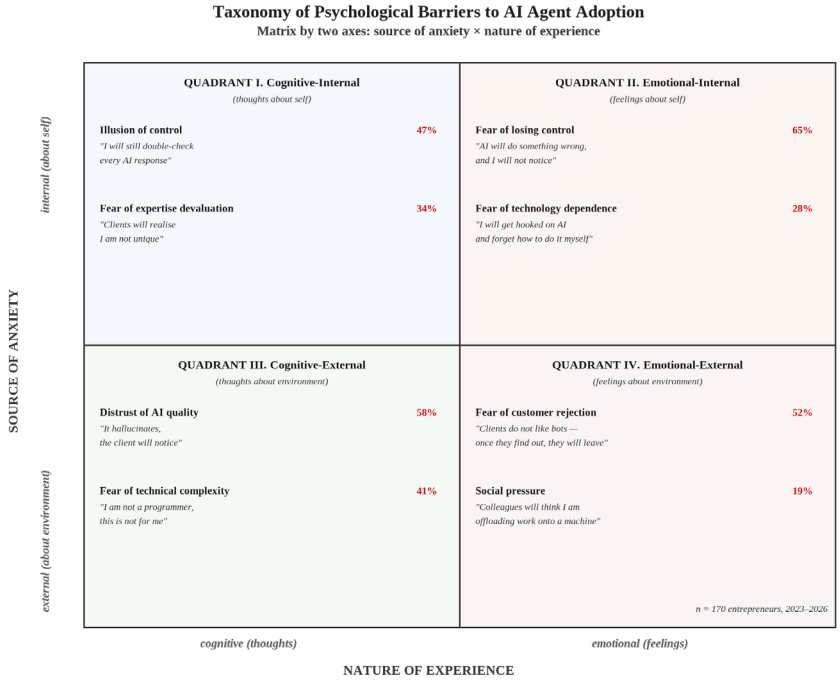


Fig. 1. Taxonomy of psychological barriers to AI agent adoption (n = 170, 2023–2026)

The key observation is as follows: a single entrepreneur typically has two to four barriers active simultaneously, distributed across different quadrants. This explains why generic arguments of the "AI will save you time" format prove insufficient — they address only one barrier but do not remove the others.

Based on the identified taxonomy and observations of how entrepreneurs engage with AI tools over time, the authors propose the Four-Stage Technology Acceptance

Model (4STA). The model describes four stable stages through which an entrepreneur passes when adopting AI agents. Each stage is associated with a dominant barrier and a characteristic psychological marker.

Stage one is denial. At this stage, the entrepreneur is convinced that AI is not needed, with the dominant barrier being an illusion of self-sufficiency combined with fear of expertise devaluation. Characteristic statements include "I manage on my own," "My business is special," "AI is not applicable in my niche." At the point of first contact with the authors' course, 22% of the sample were at this stage.

Stage two is controlled experimentation. The entrepreneur recognises the usefulness of AI but introduces it cautiously, in parallel with manual work. The dominant barriers are the illusion of control and fear of losing it. Typical statements include "I will try, but I will double-check everything," "Only for simple tasks for now." This is the largest entry group, comprising 46% of the sample.

Stage three is partial delegation. The entrepreneur hands routine tasks over to AI while retaining complex ones. The dominant barriers are fear of customer rejection and distrust of quality. Typical statements sound like "Routine tasks — yes, but not client communication," "Within the team — fine, but not external." The entry group comprises 27% of the sample.

Stage four is systemic partnership. At this stage, the entrepreneur perceives AI as a fully-fledged digital colleague. The dominant barrier in its explicit form is absent, yet a new challenge emerges — fear of dependence and gradual loss of one's own skills. Characteristic statements are "AI is part of my team," "I design processes rather than execute them." Only 5% of the sample enter at this stage, predominantly entrepreneurs with a technical background.

For each stage, the authors have developed a tool for overcoming barriers, integrated into the "Neural Networks for Business" course. A key design decision is that the tool is matched to the dominant barrier of the specific stage, not to the type of barrier in general. At stage one, the "routine audit" exercise is applied, in which the entrepreneur records every repetitive task for a week and estimates the time it consumes. The exercise dismantles the illusion of self-sufficiency by showing an objective picture of time spent — this is a cognitive shift, not emotional pressure. At stage two, the "one narrow task" rule applies, prescribing that the entrepreneur should not deploy AI across everything at once but should select a single process, a single metric, and a 30-day horizon. The rule reduces perfectionism and fear of losing control, because controlling one process against one metric is psychologically feasible. At stage three, the Three Zones of Autonomy Model (3ZA), proposed by the authors earlier [5], is applied. It provides a formal tool for deciding what to delegate to AI and what to retain for the human. Psychologically, this model removes the anxiety of choice and the fear of customer rejection, since in the strategic zone the client always interacts with a human. At stage four, the "quarterly boundary review" ritual is introduced, by which every three months the entrepreneur deliberately performs some tasks manually — not for efficiency but to preserve professional competence. The ritual functions as psychological hygiene, analogous to the practice of pilots who periodically fly manually with the autopilot engaged.

The results of applying the model within the sample show the following dynamics. Within 3–6 months of beginning work with the 4STA model, 78% of participants advanced at least one stage, and 64% reached stage three or stage four. The average transition time from stage one to stage three was approximately 90 days, which correlates with the typical payback horizon for AI deployments in SMEs reported by independent studies [7]. Two characteristic cases from the authors' practice illustrate this dynamic. The owner of an online school, aged 42, with a team of six people, had an initial barrier in the form of concern that AI would respond incorrectly to a client and damage the school's reputation. The work under the 4STA model included a routine audit that revealed 14 hours per week spent on recurring FAQ responses, the configuration of escalation rules under the 3ZA model, and a pilot launch limited to typical queries with mandatory routing of complex cases to a human. Over 60 days, the time to first response dropped from 4 hours to 5 minutes while customer satisfaction remained at its previous level, with a recorded transition from stage one to stage three. A business consultant, aged 38, a sole entrepreneur, had as an initial barrier the belief that using AI for report preparation would devalue his expertise in the eyes of clients. The work under the 4STA model included reframing the AI's role as a "co-pilot" for draft preparation while preserving the author's final edit and methodological framework. Over six months, the number of clients doubled without a proportional increase in workload, with a recorded transition from stage two to stage four.

Challenges and limitations of the study. The authors recognise three limitations. The sample is not statistically representative in the strict sense, since it is a self-selected group of entrepreneurs who have already decided to learn to work with AI — consequently, the most radical form of denial is underrepresented. The 4STA model describes SME entrepreneurs aged 30–50 and may work differently for other age groups or for corporate environments. Finally, psychological barriers change together with technology, and observations from 2023–2026 may lose part of their relevance when fundamentally new forms of AI emerge, in particular fully autonomous multi-agent systems.

Scientific novelty is expressed through four elements of the authors' contribution. The work proposes a systematisation of eight psychological barriers to AI agent adoption in the form of a taxonomy along two axes — source of anxiety and nature of experience. It introduces the author-developed Four-Stage Technology Acceptance Model (4STA), describing the staged dynamics of an entrepreneur's engagement with the technology. A set of practical tools for overcoming barriers is developed, mapped not to the type of barrier but to the stage of acceptance. Empirical validation of the model is obtained on a sample of 170 entrepreneurs who completed the authors' course in 2023–2026. Together with the previously published works of the authors on business-process management in the era of generative and agentic AI [4] and on AI agent autonomy demarcation [5], the present study forms a series covering the organisational, technological, and psychological levels of AI adoption in small and medium-sized business.

Conclusions. The main psychological barrier to AI agent adoption in small business is neither technophobia nor distrust of a specific model. It is the fear of losing

control over one's own business, arising in conditions where the entrepreneur identifies themselves with the process being performed. The 4STA model separates these two things, allowing the entrepreneur to retain control over the business while delegating control over processes to AI. Determining which stage a particular entrepreneur is at and which barrier dominates enables the consultant, educator, or mentor to select precisely the tool that will work for that individual. Generic arguments in favour of AI do not work. What works is targeted psychological tuning to the stage of acceptance.

References

1. Salesmate. (2026). The future of AI agents: Key trends to watch in 2026. Salesmate Blog. https://www.salesmate.io/blog/future-of-ai-agents/
2. WRITER. (2026). Enterprise AI adoption in 2026: Why 79% face challenges despite high investment. Writer. https://writer.com/blog/enterprise-ai-adoption-2026/
3. Gartner. (2025). Predicts 2026: AI agents reshape enterprise applications. Gartner Research. https://www.gartner.com
4. Honcharova, S., & Kutuzakin, D. (2025). Generative and agentic AI: A new paradigm for business-process management. In Innovative Research in Science and Economy: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference (Brussels, Belgium, 30.07.2025), pp. 69–72. International Scientific Unity. https://isu-conference.com/wp-content/uploads/2025/07/Brussels_Belgium_30.07.25.pdf
5. Kutuzakin, D., & Honcharova, S. (2026). AI agents in business processes 2026: The Three Zones of Autonomy Model and its application in business. In Science, Technology and Industry in the Digital Age: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference (Hamburg, Germany, 22–24.04.2026). International Scientific Unity.
6. Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319–340.
7. Digital Applied. (2026). Agentic AI for small business: Integration guide for 2026. Digital Applied Blog. https://www.digitalapplied.com/blog/agentic-ai-small-business-integration-guide-2026
8. Deloitte. (2026). State of Generative AI in the Enterprise: Wave 6. Deloitte Insights.
9. Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovations (5th ed.). Free Press.
10. Kahneman, D. (2011). Thinking, fast and slow. Farrar, Straus and Giroux.
11. European Commission. (2025). Digital Economy and Society Index (DESI) 2025. European Commission, Directorate-General for Communication. https://digital-strategy.ec.europa.eu/
12. OECD. (2025). Going Digital Toolkit: Artificial intelligence and SMEs. OECD Publishing. https://goingdigital.oecd.org/
13. McKinsey & Company. (2026). The state of AI in Europe: How organisations are rewiring to capture value. McKinsey & Company. https://www.mckinsey.com
14. Stanford HAI. (2025). The 2025 AI Index Report. Stanford University. https://hai.stanford.edu

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.024

КОМУНІКАЦІЯ ПІД ЧАС ОПАНУВАННЯ НАВИЧОК ДОГЛЯДУ ЗА ПАЦІЄНТАМИ

Белозерцева-Баранова Юлія Євгенівна
асистент
Белозерцева Ірина Андріївна
асистент
Єгоренко Ольга Сергіївна
доктор філософії, доцент
Вальда Олексій Володимирович
доктор філософії, асистент
Кафедра симуляційних медичних технологій
Одеський національний медичний університет,
м. Одеса, Україна

Актуальність

Ефективна комунікація є невід'ємною складовою професійної компетентності майбутнього медичного працівника. Під час опанування навичок догляду за пацієнтами здобувач має не лише правильно виконувати практичні процедури, а й уміти встановлювати контакт із пацієнтом, чітко пояснювати мету та послідовність своїх дій, враховувати його емоційний стан і забезпечувати психологічний комфорт.

Особливого значення у професійній підготовці набуває формування навичок активного слухання. Важливо навчити майбутніх медичних працівників уважно слухати пацієнта, не перебивати його, використовувати відповідну невербальну комунікацію, робити паузи та звертати увагу не лише на зміст висловлювань, а й на тембр голосу, інтонацію, міміку та жести.

Для формування та оцінювання зазначених навичок доцільним є використання тематичних відеоматеріалів, рольових ігор і моделювання професійних ситуацій. Рольове навчання дає можливість здобувачам по черзі виконувати ролі пацієнта, його родича та медичного працівника, що сприяє кращому розумінню потреб, переживань та емоцій різних учасників комунікативного процесу.

Важливе місце в цьому процесі займає супервізія як форма професійної підтримки. Вона створює можливість обговорити власний досвід, отримати конструктивний зворотний зв'язок від викладача та колег, проаналізувати труднощі комунікації й визначити шляхи їх подолання.

Таким чином, поєднання структурованого навчання комунікації з практичним відпрацюванням навичок догляду може сприяти формуванню впевненості, розвитку професійної компетентності та готовності майбутніх медичних працівників до взаємодії з пацієнтами.

Мета

Оцінити значення комунікативної підготовки під час опанування навичок догляду за пацієнтами та її вплив на мотиваційну й емоційну готовність здобувачів вищої освіти.

Матеріали і методи

У дослідженні взяли участь 70 здобувачів вищої освіти 2-го курсу. Оцінювання проводили на початку навчальної дисципліни "Догляд за хворими" та після її завершення.

У процесі навчання використовували практичне відпрацювання навичок догляду за пацієнтами на манекенах, комунікативні вправи, тематичні відеоматеріали та моделювання професійних ситуацій із використанням рольових ігор.

Практична робота на манекенах давала можливість безпечно відпрацьовувати професійні маніпуляції, дотримання алгоритмів та послідовність виконання дій. Надалі набуті практичні знання й навички застосовувалися під час рольового моделювання, у якому здобувачі по черзі виконували ролі медичного працівника, пацієнта та родича пацієнта. Такий підхід забезпечував інтеграцію практичних і комунікативних навичок перед взаємодією з реальними пацієнтами.

Для оцінювання мотиваційної спрямованості застосовували тест-опитувальник МУН — «Мотивація успіху та боязнь невдачі» А. А. Реана. Методика містить 20 тверджень із відповідями «так/ні» та дає змогу визначити переважання мотивації досягнення успіху або мотивації боязні невдачі. За використаною системою інтерпретації 1–7 балів відповідають мотивації боязні невдачі, 8–13 балів — відсутності чітко вираженого мотиваційного полюса, а 14–20 балів — мотивації досягнення успіху.

Для оцінювання тривожності використовували шкалу Спілбергера — State-Trait Anxiety Inventory (STAI), яка дає змогу окремо оцінити ситуативну та особистісну тривожність. Ситуативна тривожність характеризує актуальний рівень емоційного напруження та занепокоєння в конкретній ситуації, тоді як особистісна тривожність відображає відносно стійку схильність сприймати ситуації як загрозливі та реагувати на них тривогою.

Результати

Порівняння результатів оцінювання до та після навчання продемонструвало позитивну динаміку мотиваційних та емоційних показників у здобувачів.

Після проходження тренінгу збільшилася кількість позитивних відповідей на твердження, що характеризують активність у діяльності, схильність проявляти ініціативу, пошук способів подолання перешкод, наполегливість у досягненні поставленої мети та готовність діяти для отримання бажаного результату. Отримана динаміка може свідчити про посилення мотивації досягнення успіху.

Водночас відповіді на твердження, пов’язані зі схильністю переоцінювати власні невдачі, потребують окремого розгляду, оскільки можуть відображати особливості ставлення здобувачів до помилок і невдалого досвіду. Загалом після

навчання простежувалася тенденція до більш активної, ініціативної та цілеспрямованої поведінки, орієнтованої на подолання труднощів і досягнення результату.

За результатами оцінювання тривожності після завершення навчального циклу спостерігалася тенденція до зниження ситуативної тривожності. Це може свідчити про зменшення емоційного напруження та підвищення впевненості здобувачів під час виконання навчальних і професійно орієнтованих завдань. Водночас особистісна тривожність є більш стабільною характеристикою і не обов'язково зазнає суттєвих змін унаслідок короткотривалого навчального впливу.

У процесі практичного відпрацювання навичок здобувачі активніше залучалися до навчальних ситуацій, демонстрували більшу впевненість під час виконання професійних дій та комунікації з «пацієнтами» в рольових іграх.

Практична робота на манекенах і моделювання клінічних ситуацій створювали безпечне навчальне середовище, у якому здобувачі могли багаторазово відпрацьовувати алгоритми професійних дій, аналізувати помилки та отримувати зворотний зв'язок. Це сприяло формуванню більш упевненого ставлення до власних професійних можливостей.

Використання рольових ігор також сприяло розвитку навичок активного слухання, емпатійного реагування та пацієнт-орієнтованої комунікації. Зміна ролей давала можливість здобувачам краще зрозуміти емоційний стан пацієнта та усвідомити значення поведінки медичного працівника для формування довіри й психологічного комфорту.

Висновки

Комунікація є важливим компонентом навчання навичок догляду за пацієнтами. У здобувачів 2-го курсу після завершення навчального циклу виявлено позитивну динаміку мотиваційних показників, зокрема посилення мотивації досягнення успіху, а також тенденцію до зниження ситуативної тривожності.

Поєднання практичного відпрацювання навичок на манекенах, рольового моделювання професійних ситуацій, комунікативних вправ, активного слухання та супервізійної підтримки створює сприятливі умови для формування впевненості, розвитку комунікативної компетентності та зменшення страху помилки.

Інтеграція комунікативної підготовки з практичним моделюванням професійних ситуацій є перспективним напрямом удосконалення освітнього процесу та формування пацієнт-орієнтованої компетентності майбутніх медичних працівників.

Ключові слова

медична комунікація, догляд за пацієнтами, здобувачі вищої освіти, мотивація досягнення успіху, мотивація боязні невдачі, тривожність, манекени, рольова гра, активне слухання, супервізія, пацієнт-орієнтований підхід, медична освіта.

Список використаних джерел

1. Kurtz, S., Silverman, J., Benson, J., & Draper, J. (2003). Marrying content and process in clinical method teaching: Enhancing the Calgary-Cambridge guides. Academic Medicine, 78(8), 802–809.
2. Rider, E. A., & Keefer, C. (2006). Communication skills competencies: Definitions and a teaching toolbox. Medical Education, 40(7), 624–629.
3. Silverman, J., Kurtz, S., & Draper, J. (2013). Skills for communicating with patients (3rd ed.). CRC Press.
4. Spielberger, C. D. (2010). State-Trait Anxiety Inventory. In I. B. Weiner & W. E. Craighead (Eds.), The Corsini encyclopedia of psychology (4th ed.). Wiley.
5. Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., Lushene, R. E., Vagg, P. R., & Jacobs, G. A. (1983). Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y). Consulting Psychologists Press.
6. World Health Organization. (2011). Patient safety curriculum guide: Multi-professional edition. World Health Organization.

ПСИХОЛОГІЧНІ МЕХАНІЗМИ ПОДОЛАННЯ РОЗРИВУ МІЖ НАМІРОМ І ДІЄЮ: РОЛЬ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИХ ПОВЕДІНКОВИХ ВТРУЧАНЬ

Захарченко Еліна Євгенівна
здобувачка магістерського рівня вищої освіти
Кафедра психології
Борейчук Ірина Олександрівна
кандидат психологічних наук, доцент
Кафедра практичної психології та соціальних технологій
ПВНЗ «Європейський університет», Україна

Однією з актуальних проблем сучасної психології є розрив між наміром і реальною поведінкою. Людина може усвідомлювати необхідність змін, формувати конкретну мету та мати позитивне ставлення до її досягнення, однак при цьому не переходити до систематичного виконання відповідних дій. У науковій літературі цей феномен позначається як intention-behavior gap - розрив між поведінковим наміром та фактичною поведінкою [1]. Дослідження показують, що сила самого наміру не завжди достатня для його реалізації, а важливу роль відіграють умови формування та підтримки цілеспрямованої поведінки.

Проблема набуває особливого значення в умовах тривалого стресу та невизначеності. Для людини в таких умовах реалізація навіть особистісно значущої мети може вимагати додаткових емоційних і когнітивних ресурсів. Відтак психологічна проблема полягає не лише у формуванні мотивації, а й у забезпеченні переходу від усвідомленого наміру до першого конкретного поведінкового кроку.

Окремий напрям досліджень становлять поведінкові втручання, зокрема нуджі, які змінюють контекст прийняття рішення таким чином, щоб бажана поведінка ставала більш доступною або ймовірною, не позбавляючи людину свободи вибору. Сучасні дослідження показують, що ефективність нуджів залежить від їхнього типу, контексту та способу реалізації.

Водночас у сучасній науці наголошується на необхідності переходу від загального питання «чи працюють нуджі?» до більш конкретного питання: за яких умов, для кого та за допомогою яких механізмів вони змінюють поведінку? Van Roekel та співавтори показали, що нуджі можуть одночасно сприйматися як такі, що зберігають автономію, та бути поведінково ефективними, однак ефект залежить від дизайну втручання.

Таким чином, перспективним є дослідження не лише самого факту зміни поведінки, а механізму переходу від сформованого наміру до фактичної дії.

Метою дослідження було визначення психологічних механізмів подолання розриву між наміром і дією та дослідження ролі персоналізованих поведінкових втручань у підвищенні поведінкової активності особистості.

У межах дослідження перехід від наміру до дії розглядається як процес, у якому взаємодіють когнітивні, емоційні та поведінкові компоненти. Наявність бажання або сформованого наміру є необхідною, але не завжди достатньою умовою реалізації поведінки. Одним із пояснень цього розриву є те, що між наміром і конкретною дією виникає необхідність подолати ситуаційні та внутрішньопсихологічні перешкоди [1].

Одним із перспективних інструментів подолання такого розриву є Mental Contrasting with Implementation Intentions (MCII), відомий у практичному форматі як WOOP - Wish, Outcome, Obstacle, Plan. Метод поєднує визначення бажання, уявлення бажаного результату, визначення основної внутрішньої перешкоди та формування конкретного плану дії. Дослідження MCII показують його потенціал у регуляції цілеспрямованої поведінки та досягненні цілей.

Важливо, що сучасні дослідження розглядають MCII не просто як техніку мотивації, а як інструмент саморегуляції та переведення бажаної поведінки у конкретний план. Метааналіз досліджень MCII також підтверджує науковий інтерес до цього підходу як до інструменту досягнення цілей.

Другим компонентом дослідження стали персоналізовані поведінкові втручання - нуджі. На відміну від WOOP, який працює переважно зі структурою цілі та плануванням, нудж спрямований на контекст, у якому людина здійснює вибір або має виконати заплановану дію.

Сучасний огляд Yang та співавторів показав, що серед досліджених нуджів для зміни поведінки використовувалися, зокрема, постановка цілей, зворотний зв'язок, нагадування та сповіщення. Автори також підкреслюють значну неоднорідність таких втручань та необхідність подальшого вивчення того, які саме компоненти забезпечують ефект.

Отже, принципова відмінність між двома компонентами дослідження полягає в тому, що WOOP допомагає сформувати шлях від бажання до плану, а

персоналізований нудж - підтримати перехід від плану до конкретної дії. Саме це поєднання становить основний дослідницький інтерес.

У дослідженні взяли участь 150 осіб віком від 18 до 45 років, які проживають в умовах воєнного стану в Україні.

Учасники були розподілені на три групи:

• контрольна група - n = 50;

• група WOOP - n = 50;

• експериментальна група WOOP + персоналізовані нуджі - n = 50.

Тривалість дослідження становила 30 днів.

У групі WOOP учасники працювали зі структурою:

W - Wish - бажання; O - Outcome - бажаний результат; O - Obstacle - внутрішня перешкода; P - Plan - план конкретної дії.

У групі WOOP + персоналізовані нуджі до планування додавалися поведінкові підказки, пов'язані з індивідуально визначеною ціллю учасника та її реалізацією. Основним поведінковим показником була кількість активних днів на тиждень. Додатково в дослідженні оцінювалися:

• рівень тривожності;

• показники емоційної регуляції;

• час до першої цільової дії.

Такий підхід дозволив нам одночасно оцінювати поведінковий результат та пов'язані з ним психологічні показники.

Порівняльний аналіз середньої кількості активних днів на тиждень продемонстрував послідовне зростання показника від контрольної групи до групи, у якій поєднувалися WOOP та персоналізовані нуджі. У вихідному дослідницькому матеріалі наведено такі значення: 2,1 дня у контрольній групі, 3,4 дня у групі WOOP та 5,2 дня у групі WOOP + персоналізовані нуджі.

Таблиця 1. Порівняльні показники поведінкової активності учасників дослідження

Група	Кількість учасників	Середня кількість активних днів на тиждень
Контрольна	50	2,1
WOOP	50	3,4
WOOP + персоналізовані нуджі	50	5,2

Як видно з Таблиці 1, у контрольній групі учасники в середньому реалізовували заплановану активність протягом 2,1 дня на тиждень. Використання WOOP супроводжувалося збільшенням цього показника до 3,4 дня. Найвище значення зафіксовано у групі, де WOOP поєднувався з персоналізованими нуджами, - 5,2 дня на тиждень.

Таким чином, між контрольною та експериментальною групами спостерігалася різниця 3,1 активного дня на тиждень. У відносному вираженні показник активності експериментальної групи був приблизно на 147,6% вищим, ніж у контрольній групі.

$(5{,}2-2{,}1)/2{,}1\times100\%=147{,}6\%$

Порівняння групи WOOP та групи WOOP + персоналізовані нуджі також демонструє додаткове збільшення поведінкової активності:

(5,2−3,4)/3,4×100%=52,9%

Тобто експериментальна група продемонструвала приблизно на 52,9% більше активних днів, ніж група, яка використовувала лише WOOP.

Додатково було зафіксовано –

•зниження рівня тривожності на 18%;

• підвищення показника емоційної регуляції на 22%;

• скорочення часу до першої дії майже вдвічі.

Отримані результати дозволяють висунути припущення, що формування наміру та плану є важливим, але не обов'язково достатнім етапом поведінкової зміни. Порівняння контрольної групи та групи WOOP показало збільшення середньої кількості активних днів із 2,1 до 3,4. Це узгоджується з дослідженнями МСІІ, які демонструють, що поєднання ментального контрастування та implementation intentions може підтримувати цілеспрямовану поведінку.

Водночас найбільш високий показник було отримано в групі, де WOOP доповнювався персоналізованими нуджами - 5,2 активного дня на тиждень. Це дозволяє розглядати два етапи як потенційно різні рівні психологічної підтримки: намір → план → контекст дії → дія.

У такій моделі WOOP допомагає людині визначити бажаний результат, усвідомити перешкоду та сформувати конкретний план, тоді як персоналізоване поведінкове втручання може зменшувати дистанцію між сформованим планом і моментом його реалізації.

Такий підхід відповідає сучасному розумінню нуджів як втручань, що змінюють архітектуру вибору, при цьому не позбавляючи людину можливості обирати. Дослідження van Roekel та співавторів показує, що нуджі можуть бути одночасно ефективними та такими, що зберігають суб'єктивне відчуття автономії. Водночас автори наголошують, що ефективність залежить від конкретного дизайну нуджа та контексту його використання.

Особливо важливим є результат, відповідно до якого разом із підвищенням поведінкової активності було зафіксовано зниження тривожності на 18% та підвищення показника емоційної регуляції на 22%. Це дозволяє припустити, що проблема переходу від наміру до дії може бути пов'язана не лише з недостатньою мотивацією. Значення можуть мати також здатність регулювати емоційний дискомфорт та організація безпосереднього контексту виконання поведінки. Водночас результати не дозволяють однозначно стверджувати, що саме персоналізовані нуджі є причинним механізмом усіх виявлених змін. Для такого висновку необхідний детальніший аналіз первинних даних та статистичне тестування відмінностей між групами.

Проведене нами дослідження дозволяє розглядати розрив між наміром і дією як багатокомпонентний психологічний феномен, у якому взаємодіють процеси формування цілі, планування, емоційної регуляції та характеристики безпосереднього поведінкового контексту.

Отримані результати демонструють поступове збільшення поведінкової активності: від 2,1 дня на тиждень у контрольній групі до 3,4 дня у групі WOOP та 5,2 дня у групі WOOP + персоналізовані нуджі. Особливо важливим є те, що додавання персоналізованих поведінкових втручань до WOOP супроводжувалося збільшенням середньої кількості активних днів приблизно на 52,9% порівняно з використанням лише WOOP. Це дає підстави розглядати персоналізацію поведінкової підтримки як перспективний напрям подальшого дослідження.

Зафіксоване зниження тривожності на 18%, підвищення показника емоційної регуляції на 22% та скорочення часу до першої дії майже вдвічі додатково вказують на необхідність досліджувати поведінкові зміни у взаємозв'язку з емоційними процесами.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості розроблення психологічних програм, спрямованих не лише на формування мотивації, а на підтримку конкретного переходу від наміру до першої дії. Перспективним напрямом є створення персоналізованих психологічних інтервенцій, у яких тип, зміст і момент поведінкової підказки визначаються відповідно до індивідуальної мети та психологічної перешкоди конкретної людини.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на визначення медіаторів та модераторів переходу від наміру до дії, зокрема ролі емоційної регуляції, тривожності, типу перешкоди, сили наміру та характеристик персоналізованого втручання. Окремого вивчення потребує питання, чи зберігається сформована поведінка після припинення зовнішніх підказок.

Список використаних джерел

1. Conner, M., & Norman, P. (2022). Understanding the intention-behavior gap: The role of intention strength. Frontiers in Psychology, 13, 923464. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.923464.
2. Oettingen, G., Kappes, H. B., Guttenberg, K. B., & Gollwitzer, P. M. (2015). Self-regulation of time management: Mental contrasting with implementation intentions. European Journal of Social Psychology, 45(2), 218-229. https://doi.org/10.1002/ejsp.2090.
3. Wang, G., Wang, Y., & Gai, X. (2021). A meta-analysis of the effects of mental contrasting with implementation intentions on goal attainment. Frontiers in Psychology, 12, 565202. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.565202.
4. Van Roekel, H., Giurge, L. M., Schott, C., & Tummers, L. (2023). Nudges can be both autonomy-preserving and effective: Evidence from a survey and quasi-field experiment. Behavioural Public Policy, 10(1), 127-150. https://doi.org/10.1017/bpp.2023.18.
5. Yang, Z., Jin, D., Huang, H., Zheng, X., Liu, S., & Wang, A. (2025). Nudging health behavior change among home-based cardiac rehabilitation patients: A scoping review. Journal of Multidisciplinary Healthcare, 18, 1639-1653. https://doi.org/10.2147/JMDH.S515523.
6. Herzog, S. M., & Hertwig, R. (2025). Boosting: Empowering citizens with behavioral science. Annual Review of Psychology, 76(1), 851-881. https://doi.org/10.1146/annurev-psych-020924-124753.

SECTION: TECHNICAL SCIENCES

ПЛАСТМАСОВИЙ СЦИНТИЛЯТОР З ДИАЛКІЛПОХІДНИМ БІФЕНІЛУ

Єлісєєв Д.А.
к.т.н., старший науковий співробітник,
Єлісєєва О.В.
PhD, в.о. наукового співробітника,
Алексєєв В.Д.
к.ф.-м.н., старший науковий співробітник,
Гуркаленко Ю.О.
молодший науковий співробітник,
Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України

Пластмасові сцинтиляторів (ПС) є важливою складовою детекторних систем для реєстрації іонізуючого випромінювання. Вони широко використовуються в експериментах з фізики високих енергій, а також у різних галузях промисловості (атомна енергетика, радіаційний контроль, наукове приладобудування, металургія, геофізика та ядерна медицина). Постійний розвиток цих галузей потребує вдосконалення властивостей матеріалів, що застосовуються для виготовлення детекторів іонізуючого випромінювання. Особливе значення мають такі характеристики ПС, як високий світловий вихід, швидка часова відповідь, стабільність і тривалий термін експлуатації. Зокрема, для детекторів, що використовуються в системах неруйнівного контролю, екологічного моніторингу та безпеки, необхідні ПС, які забезпечують високу ефективність реєстрації випромінювання та стабільну роботу. У промислових радіаційних вимірювальних приладах важливою властивістю є радіаційна стійкість (РС) матеріалу, тобто здатність зберігати свої характеристики під дією значних доз опромінення. Отже, розроблення високофункціональних ПС є важливим напрямом сучасних досліджень.

На сьогодні сформовано декілька науково-технологічних підходів, спрямованих на підвищення функціональних властивостей ПС (світлового виходу, радіаційної стійкості, довготривалої стабільності та механічної міцності). Один із підходів полягає у тому, що їх можна покращити через збільшення концентрації активатора за рахунок кращої передачі енергії від полімерної основи до люмінесцентної добавки, що приводить до збільшення корисного випромінювання ПС і, як наслідок, до підвищення світлового виходу та РС. Проте реалізацію цього підходу обмежує низька розчинність традиційних активаторів, тому у роботі синтезовано диалкілпохідне біфенілу – 4,4′-ди-трет-бутилбіфеніл (DtBuBPh) [1] (рис. 1). Цей активатор є кристалічною речовиною, яка здатна розчинятися у полімерній основі ПС (полістирол, полівінілтолуол) до

20 мас. %. Крім того він має властивості підсилювача дифузії (ПД), сполук, які збільшують рухливість фрагментів полімерного ланцюга, і тим самим сприяють посиленню дифузійної рухливості радикалів, що утворюються під дією іонізуючого випромінювання в полімерній основі ПС [2-5]. А також у DtBuBPh висока термодинамічна сумісність з полімерною основою ПС та низька схильність до дифузії з її об'єму.

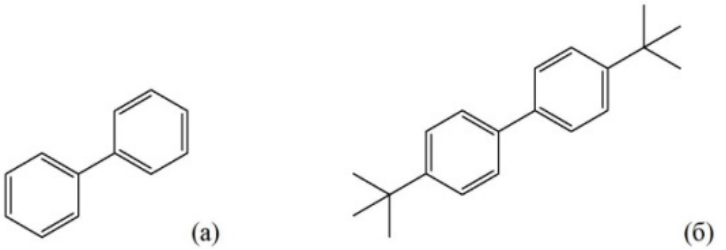


Рисунок 1. Структурні формули біфенілу (а) та 4,4'-ди-трет-бутилбіфенілу (DtBuBPh) (б)

З використанням синтезованого DtBuBPh отримано ряд ПС та досліджено їх функціональні властивості.

Вимірювання спектрів збудження та люмінесценції DtBuBPh проведено на спектрофлуориметрі HORIBA Jobin Yvon FluoroMax-4 при кімнатній температурі (концентрація у толуолі 10^{-5} моль/л).

Мікротвердість зразків ПС визначено за методом Віккерса на мікротвердомірі ПМТ-3 (похибка вимірювань ±2,5 %). Вимірювання проведено при кімнатній температурі.

Світловий вихід ПС виміряно на сцинтиляційному спектрометрі, виконаному в стандарті CAMAC. Сигнал від анода фотоелектронного помножувача (ФЕП) Hamamatsu R1307 подається безпосередньо на вхід цифрового перетворювача заряду QDC LeCroy 2249A. Зразки ПС встановлюють безпосередньо на поверхню фотокатода ФЕП, оптичний контакт забезпечують за допомогою імерсійної рідини. Опромінення проводять конверсійними електронами з енергією 975 кеВ від моноенергетичного джерела радіонукліду Bi-207. Світловий вихід визначають за положенням максимуму піку амплітудного сцинтиляційного спектру. Відносний світловий вихід одержаних зразків встановлюють відповідно до світлового виходу стандартного пластмасового сцинтилятору UPS-923A [3].

Опромінення зразків ПС проведено на лінійному прискорювачі LUE-40: енергія електронів – 41,2 МеВ, потужність дози – 135±9 Гр/с [6] (ННЦ «ХФТІ» НАН України). Інтегральна доза опромінення для всіх зразків становила 150 кГр. Вимірювання світлового виходу після опромінення проводилося наступного дня.

Введення двох трет-бутильних груп до складу молекули біфенілу не призводить до суттєвої зміни спектрально-люмінесцентних властивостей (рис. 2). Характер оптичних спектрів DtBuBPh має вигляд типовий для біфенілу. Максимуми спектрів збудження та люмінесценції знаходяться в районі 300 нм та 325 нм відповідно.

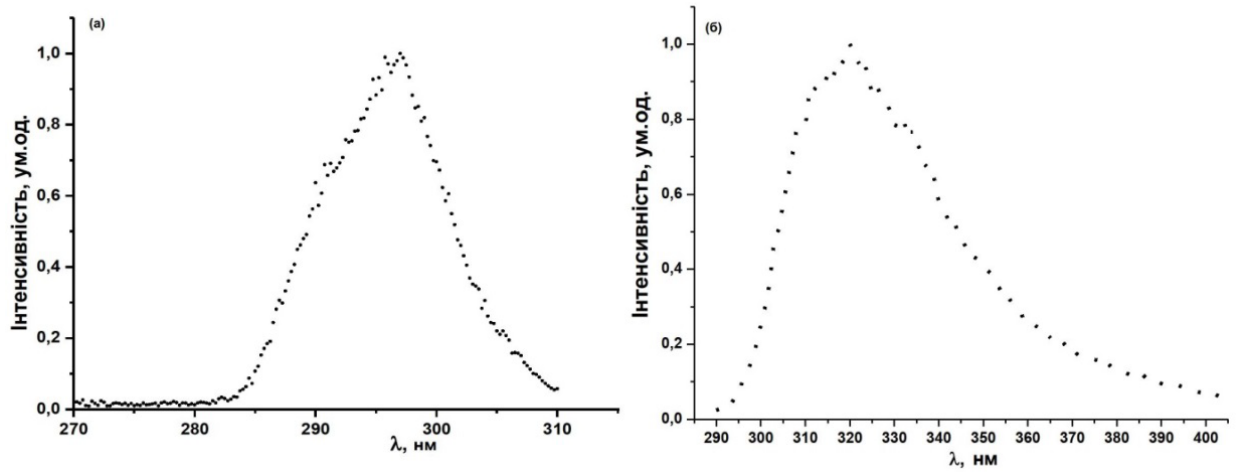


Рисунок 2. Спектри збудження (а) та люмінесценції (б) DtBuBPh у толуолі (10^{-5} моль/л)

Попередні дослідження ПС з ПД продемонстрували, що у багатьох випадках оптимум вмісту ПД знаходиться на рівні десятків мас. % [4,5]. Зважаючи на це, концентрації DtBuBPh у зразках для дослідження була обрана 10 мас. %. та 20 мас. %. Збільшення концентрації DtBuBPh у сцинтиляційній композиції понад 20 мас. % не дозволяє отримати гомогенний ПС внаслідок того, що в процесі полімеризації відбувається розшарування фаз та помутніння зразка. Використання менше, ніж 10 мас. % похідного біфенілу, є недоцільним, оскільки така кількість не достатньо впливає на властивості ПС.

З використанням DtBuBPh було отримано два типи ПС. Перший тип ПС містить лише дві люмінесцентні добавки – DtBuBPh та 1,4-біс-(5-фенілоксазоліл-2)бензен (POPOP). Хоча спектр люмінесценції DtBuBPh має максимум у більш короткохвильовому діапазоні (325 нм), ніж у традиційного активатора ПС п-терфенілу (340 нм), але на спектрі можна спостерігати і довгохвильове плече до 380 – 390 нм (рис. 2). Ця довгохвильова частина спектру люмінесценції DtBuBPh частково перекривається з полосою поглинання шифтера (POPOP), що забезпечує перенесення енергії збудження від полімерної основи до шифтера. Саме можливість використання DtBuBPh одночасно як активатору ПС, так і ПД, і було перевірено на першому типі створених ПС. Другий тип отриманих ПС містить три люмінесцентні добавки – DtBuBPh, POPOP та п-терфенілу (p-TP). p-TP та POPOP використовують як активатор та шифтер відповідно у традиційному ПС типу UPS-923A, який було взято за стандарт для оцінки впливу похідного дифенілу на механічні та сцинтиляційні характеристики ПС і, насамперед, на його РС. Для отриманих зразків ПС виміряно мікротвердість, відносний світловий вихід до та після опромінення дозою 150 кГр, розраховано дозу половинного ослаблення світлового виходу $D_{1/2}$ (рис. 3, табл. 1). $D_{1/2}$ не залежить від дози опромінення і може бути розрахована, якщо відомо значення L/L_0 і доза опромінення [7]:

$$L = L_0 exp(\alpha D)$$

де L_0 та L – світловий вихід зразка ПС відповідно до та після опромінення;
α – константа деградації (кГр$^{-1}$);
D – доза опромінення (кГр).

Оскільки доза половинного ослаблення світлового виходу $D_{1/2}$ визначається при $L/L_0=1/2$, тому з формули 1 отримуємо:

$$D_{1/2} = (ln2)/\alpha$$

Значення константи деградації α розраховується з експериментальних даних, виходячи з формули 1.

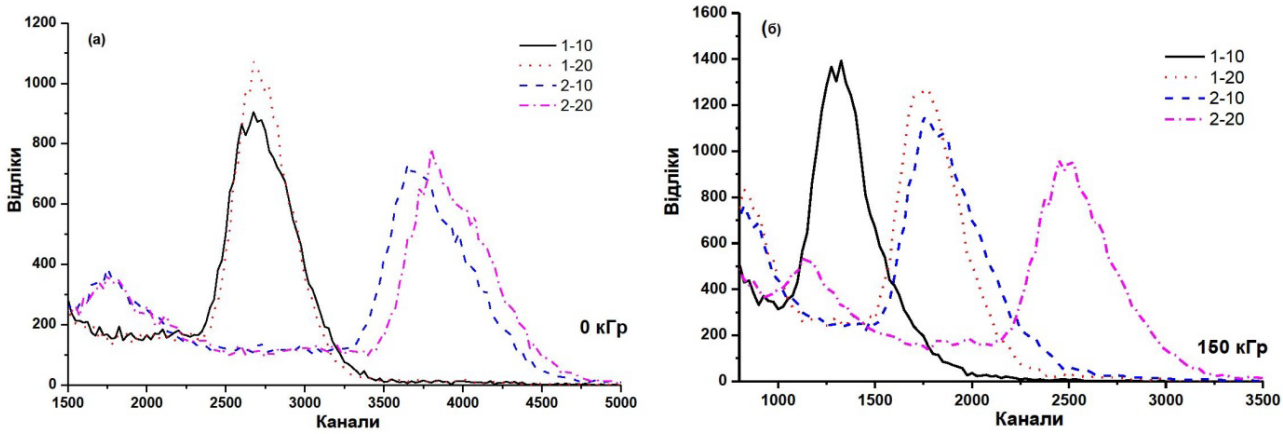


Рисунок 3. Амплітудно-сцинтиляційні спектри ПС до (а) та після (б) опромінення дозою 150 кГр: 1-10) 10 мас. % DtBuBPh + 0,1 мас. % POPOP; 1-20) 20 мас. % DtBuBPh + 0,1 мас. % POPOP; 2-10) 10 мас. % DtBuBPh + 2 мас. % p-TP + 0,1 мас. % POPOP; 2-20) 20 мас. % DtBuBPh + 2 мас. % p-TP + 0,1 мас. % POPOP

Таблиця 1 – Склад зразків, відносний світловий вихід ПС до (L_0) і після опромінення (L) дозою 150 кГр, доза половинного ослаблення світлового виходу ($D_{1/2}$), мікротвердість за Віккерсом (HV)

№	Склад ПС на основі полістиролу, мас. %	L_0, %	L, %	HV, МПа	$D_{1/2}$, кГр
1-10	10 DtBuBPh + 0,1 POPOP	69	33,5	232	96
1-20	20 DtBuBPh + 0,1 POPOP	70,1	45,9	211	163
2-10	10 DtBuBPh + 2 p-TP + 0,1 POPOP	96,4	46,4	230	95
2-20	20 DtBuBPh + 2 p-TP + 0,1 POPOP	99	64,4	209	162
UPS-923A	2 p-TP + 0,02 POPOP	100	24,5	250 [6]	74

Як можна бачити для всіх досліджених зразків ПС мікротвердість знаходиться на рівні близькому до стандартного ПС UPS-923A. Отже, використання DtBuBPh у складі сцинтиляційної композиції в концентрації десятків мас. % не призводить до суттєвої деградації її механічних властивостей на відміну від використання рідких ПД. Цей факт свідчить про те, що технологія отримання та обробки сцинтиляторів такого типу не потребує змін у порівнянні з традиційними ПС на основі полістиролу і дає надію на довготривалу стабільність матеріалу.

У ПС із використанням тільки DtBuBPh та шифтеру (табл. 1, зразки 1-10 та 1-20) світловий вихід нижчий, ніж у стандартного ПС в наслідок гіршого перекриття спектрів похідного біфенілу та шифтеру. Але при цьому незалежно від концентрації DtBuBPh світловий вихід знаходиться на відносно високому

рівні, достатньому для функціонального застосування матеріалу (70 % від UPS-923A). Можна зробити висновок, що DtBuBPh можна використовувати як активатор ПС у діапазоні концентрацій 10–20 мас. %.

ПС з використанням як DtBuBPh, так і p-TP продемонстрували світловий вихід практично ідентичний до стандартного сцинтилятору UPS-923A. Тобто додаткове введення DtBuBPh до складу сцинтиляційної композиції практично не впливає на її світловий вихід.

Застосування DtBuBPh у складі ПС привело до підвищення його РС. При цьому підвищення РС було однаковим як у ПС з використанням p-TP, так і без нього, і зростало зі збільшенням концентрації похідного біфенілу. Так, у випадку 10 мас. % DtBuBPh $D_{1/2}$ склала 96 кГр, а при 20 мас. % – 163 кГр. Тобто введення DtBuBPh у склад сцинтиляційної композиції як ПД дозволяє отримати ПС з підвищеною РС при збереженні їх механічних та сцинтиляційних характеристик. До того ж DtBuBPh можна застосовувати самостійно як активатор ПС.

Отже, використання DtBuBPh у складі ПС в концентрації десятків масових відсотків не призводить до суттєвої деградації його механічних властивостей. Додаткове введення DtBuBPh до складу ПС практично не впливає на його світловий вихід. При цьому РС матеріалу підвищується при застосуванні DtBuBPh як у ролі активатора, так і підсилювача дифузії. $D_{1/2}$ ПС, що містить 20 мас. % DtBuBPh, склала 162–163 кГр. Тобто використання DtBuBPh як ПД у складі ПС дозволяє отримати матеріал з підвищеною РС при збереженні його механічних та сцинтиляційних характеристик.

Список використаних джерел

1. O.V. Yelisieieva, D.A. Yelisieiev, Yu.O. Hurkalenko, P.M. Zhmurin, V.D. Alekseev. Radiation resistant plastic scintillator with 4,4′-di-tert-butylbiphenyl. Nuclear Physics and Atomic Energy. 2025. Vol. 26, No 4, P. 373-377.
2. F. Markley et al. Development of radiation hard scintillators. Radiation Physics and Chemistry 41 (1-2) (1993) 135.
3. Б.В. Гриньов, В.Г. Сенчишин. Пластмасові сцинтилятори (Харків: Акта, 2003) 324 с.
4. V.G. Senchishin et al. Radiation resistance investigation of SCSN-81T, BC-408, UPS923A and UPS98RH plastic scintillators. Functional Materials 10(2) (2003) 281.
5. P.N. Zhmurin et al. Radiation-hard plastic scintillator with increased mechanical strength. Functional Materials 22(2) (2015) 280.
6. M.I. Aizatskyi et al. State and prospects of the linac of nuclear-physics complex with energy of electrons up to 100 MeV. Problems of atomic science and technology 91(3) (2014) 60.
7. J.B. Birks. The Theory and Practice of Scintillation Counting (London: Pergamon Press, 1964) 664 p.

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.025

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЗМІНИ В'ЯЗКОСТІ ЗСУВУ ВІД ШВИДКОСТІ ЗСУВУ ПАШТЕТІВ М'ЯСНИХ З РІЗНИМ ОКИСНО-ВІДНОВНИМ ПОТЕНЦІАЛОМ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО АКТИВОВАНОЇ ВОДИ

Шпак Владислав Вячеславович
доктор філософії
Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

Зважаючи на несприятливу екологічну ситуацію у світі внаслідок, зокрема, військових дій, викидів шкідливих речовин, важливим питанням є пошук можливостей очищення та інших методів отримання води як складової більшості харчових продуктів, в тому числі з оздоровчими властивостями.

Вода з тимчасово зміненими фізико–хімічними та структурними властивостями при незмінному хімічному та елементному складі до і після проведення процесу активації, являє собою речовину в термодинамічно нерівноважному стані, що володіє надлишком внутрішньої потенціальної енергії, яка з часом поступово розсіюється або швидко зменшується в процесі фізико–хімічних взаємодій, обумовлюючи його аномальну активність [1].

У дослідженнях було використано електрохімічно активовану воду, отриману електрохімічним методом за допомогою лабораторного діафрагмового електролізера: католіт з окисно-відновним потенціалом (ОВП) = –542 ± 20 мВ, pH = 10 та аноліт з ОВП = 767±15 мВ з показником pH = 3. Досліджували м'ясні паштети з крохмальними суспензіями - 2 % і з 5 % кукурудзяного крохмалю з еклктрохімічно активованою водою.

Внаслідок особливостей хімічної будови та здатності до набухання і гелеутворення при нагріванні в присутності води крохмаль бере участь у формуванні структури та споживчих властивостей м'ясних паштетів [2].

Дослідили залежність зміни в'язкості зсуву паштетів м'ясних від швидкості зсуву в процесі зберігання (Рисунок 1).

Порівнюючи значення початкової в'язкості зсуву при нульовому показнику швидкості зсуву після пастеризації і після 21 доби зберігання встановлено, що в обох випадках початкова в'язкість зсуву вища у контролі, ніж на католіті та аноліті, при цьому показники значно вищі при внесенні 2% кукурудзяного крохмалю. В процесі зберігання в'язкість зсуву пропорційно вища порівняно зі зразками після пастеризації. Це пояснюється щільно деформованим розташуванням крохмальних гранул, оскільки чим менше додано крохмалю в суспензію, тим більше буде відсоток деформованих гранул по відношенню до всіх гранул [3].

У зразках паштетів м'ясних з суспензією, приготованою на електрохімічно активованій воді, в'язкість зсуву зменшилася, порівняно з контролем. Це

пов'язано з впливом води на взаємодію між амілозою та амілопектином, а саме її значне збільшення, що пригнічує набухання гранул (Lan та ін., 2008).

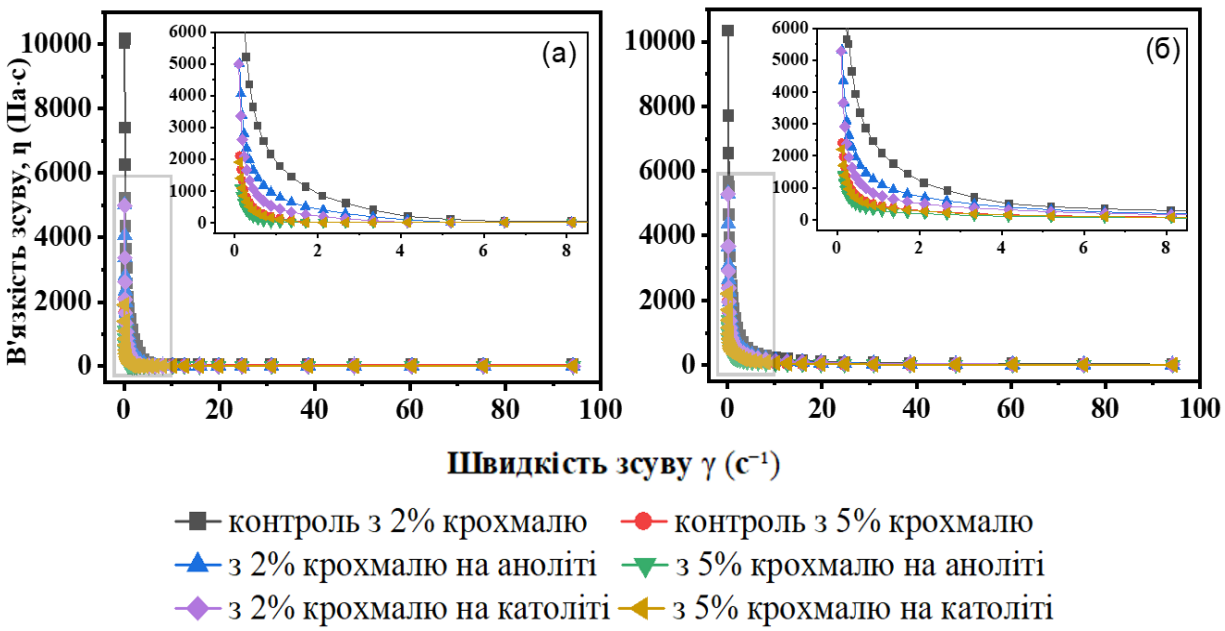


Рисунок 1. Залежність зміни в'язкості зсуву (η) паштетів м'ясних з різною концентрацією кукурудзяного крохмалю в суспензії, приготованій на воді з різними показниками ОВП, від швидкості зсуву (γ) : а – після пастеризації; б – через 21 добу зберігання

Встановлено, що стабілізація в'язкості м'ясних паштетів із 2% суспензії кукурудзяного крохмалю відбувається за швидкості зсуву 5 $с^{-1}$, тоді як у зразках з 5% вмістом – пізніше, при 7 $с^{-1}$. Додавання 5% крохмалю в суспензії зумовлює вищу в'язкість у 5 разів порівняно зі зразком з 2 % через більшу фрагментацію ланцюгів крохмалю [4].

Підвищення в'язкості в усіх зразках після 21 доби зберігання обумовлено процесами ретроградації кукурудзяного крохмалю та зниженням pH м'ясних паштетів.

Список використаних джерел

1. Большак, Ю.В. (2015). Біологічна активність і закономірності формування безреагентно модифікованої води. «Книга–плюс», Київ.
2. Shpak, V., Marynin, A. (2022). Influence of electrochemically activated water on the rheological indicators of starch suspensions. Ukrainian Journal of Food Science. 10(2), 149 – 160. https://doi.org/10.24263/2310–1008–2022–10–2–5
3. Sasaki, T., Yasui, I., Matsuki, J., Satake, T. (2002). Comparison of physical properties of wheat starch gels with different amylose content. Cereal Chemistry, 79, 861–866. https://doi.org/10.1094/CCHEM.2002.79.6.861
4. Zambelli, R.A., Galvao, A., de Mendonca, L.G., Leao, M.V.D., Carneiro, S.V., Lima, A.C..S, Melo, C. A. L. (2018). Effect of different levels of acetic, citric and lactic acid in the cassava starch modification on physical, rheological, thermal and microstructural properties. Food Science and Technology Research, 24, 747–754. https://doi.org/10.3136/fstr.24.747

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.026

ЗАМІНА ХОЛОДОАГЕНТІВ У ХОЛОДИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Матвєєв В.В.
механік І-го розряду, старший механік,
старший викладач кафедри ЕСЕУ
ХДМА (Херсонська Державна Морська Академія),
м. Херсон, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3826-7996

Анотація

Згідно законодавства ЄС світові компанії рухаються по путі підвищення ефективності та зниження викидів парникових газів.

Ключові слова

Парникові гази, ГФВ – гідрофторвугливець, ПГП - потенціал глобального потепління, (ODP) - озоноруйнівний потенціал. F-Gas – газ з вмістом фтору, ГФО – гідрофторолефін (HFO), HVAC - Heating, Ventilation, & Air Conditioning

Вступ

Закони ЄС дотримуються чітко, і європейські компанії вже тривалий час включають натуральні холодоагенти, такі як CO_2, у свої технічні специфікації. Виходячи на міжнародний ринок, вони впроваджують ці передові рішення, поширюючи їх на нові території. Найбільш помітно це можна спостерегти у сфері рітейлу.

Актуальність досліджень

Закони, подібні до тих, що діють у Європейському Союзі, з часом будуть впроваджені й в Україні. Для прикладу можна навести Постанову Кабінету Міністрів України №1203 від 14 листопада 2023 року «Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України з питань моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів», яка показує практичні кроки України у виконанні Монреальського протоколу.

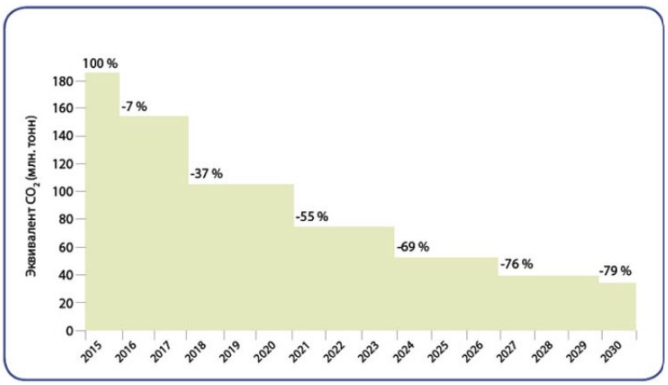


Рисунок 1 - Відмова від холодоагентів, які можуть бути використовуватись у країнах ЄС

Вартість каскадних систем на основі CO_2 вже майже зрівнялася з вартістю систем на ГФВ і скоро може повністю її наздогнати. Зі збільшенням попиту кількість таких систем продовжуватиме зростати, що сприятиме розширенню виробництва їх компонентів. У світі поступового відмовлення від компонентів фреонових систем технології на основі CO_2 ставатимуть дешевшими, ніж фреонові аналоги.

Проте нинішня відсутність державної підтримки екологічно важливих проєктів в Україні може залишатися актуальною ще деякий час.

Викладення основного матеріалу

Регламент ЄС щодо F-Gas 517/2014 є частиною цієї стратегії. Введено перші обмеження в січні 2015 року, які спрямовані на скорочення використання гідрофторвуглеців майже на 80 % до 2030 року, і вони суттєво вплинуть на холодоагенти. Для досягнення цілей поетапного зменшення використання гідрофторвуглеців були встановлені конкретні граничні значення потенціалу глобального потепління (ГПП) для певних видів обладнання, зазначених у таблиці 1. Це означає повну заборону на використання деяких холодоагентів у даному обладнанні.

Таблиця 1- Порогові значення ПГП

Заборона на експлуатацію та обслуговування	ПГП	Термін
ГФВ	2500	01.01.2020
Заборона на розміщення на ринку ного обладнання	ПГП	Термін
Комерційні холодильники та морозильники на базі герметичних компресорів	2500	01.01.2020
Комерційні холодильники та морозильники на базі герметичних компресорів	150	01.01.2022
Стаціонарне холодильне обладнання, крім обладнання для температури < -50 ° С	2500	01.01.2020
Централізовані системи постачання холоду > 40 кВт, крім застосованих в верхній гілки каскаду, де можуть бути використані холодоагенти с ПГП менш 1500	150	01.01.2022
Пересувні системи кондиціонування приміщень	150	01.01.2020
Спліт системи для кондиціонування повітря, вмістом холодоагенту менш 3 кг	750	01.01.2025

З таблиці видно, що R404A, як найпоширеніший холодоагент в низькотемпературних холодильних установках, поступово зникне з європейського ринку. Це відбудеться після січня 2020 року, коли гідрофторвуглеці з показником ПГП 2500 і більше будуть заборонені. Такі поступові відмови та заборони призведуть до значних змін в галузі HVAC як у виборі холодоагентів, так і в архітектурі та практиці систем.

Розумні альтернативи в найближчій перспективі

Найкращим напрямком для розвитку холодильного сектора залишається перехід на холодоагенти з потенціалом глобального потепління (ГПП) менше 10. Такі установки збережуть свою затребуваність на ринку в осяжному майбутньому. Хоча вдалині можливе зниження їхньої актуальності, їх

впровадження вже зараз дозволяє значно скоротити вплив на глобальне потепління. В окремих ринкових сегментах існують питання щодо можливості використання інноваційних холодоагентів із значенням ГПП менше 10. У таких випадках проміжні рішення можуть залишатися ефективними в довгостроковій перспективі. Є сенс приділяти увагу лише холодоагентам, які мають високий шанс тривалого перебування на ринку — тобто перспективним варіантам. Узагальнені категорії альтернативних холодоагентів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2- Категорії альтернативних холодоагентів

Категорія холодоагентів	Найменування	Приклади	Значення ПГП	Готовність до використання	Природний
Альтернативи ГФВ з низьким ПГП	ГФВ А1	R407AF, R134a	Від 1400 до 2500	Сьогодні	
	Суміші А1 ГФО	R449A, R450A	Від 400 до 1500	Сьогодні	
Проміжні холодоагенти	Суміші A2L, ГФО, R32	R447A, R454B, R32	150-700	>2016	
	ГФО	R134yf, R1234ze	4-6	>2016	
Перспективні холодоагенти	А3	R290 (пропан)	3	Сьогодні	Так
	А1	R744 (CO_2)	1	Сьогодні	Так

Висновок:

У кожному окремому випадку потрібно здійснювати оцінку, враховуючи специфічні параметри обладнання, такі як температура навколишнього середовища, заправка системи, а також розташування в зонах з обмеженим доступом або певними обмеженнями.

Список використаних джерел

1. The Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer, 16 вересня 1987 р.. https://www.state.gov/key-topics-office-of-environmental-quality-and-transboundary-issues/the-montreal-protocol-on-substances-that-deplete-the-ozone-layer/
2. Постанова Кабінету Міністрів України №1203 «Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України з питань моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів», 14 листопада 2023 р. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1203-2023-п#Text
3. ANSI/ASHRAE Addendum s to ANSI/ASHRAE Standard 34-2013. Designation and Safety Classification of Refrigerants. https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Standards%20and%20Guidelines/Standards%20Addenda/34_2013_s_20151109.pdf

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.027

КОНФІГУРАЦІЯ СИСТЕМ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

Матвєєв В.В.
механік І-го розряду, старший механік,
старший викладач кафедри ЕСЕУ
ХДМА (Херсонська Державна Морська Академія),
м. Херсон, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3826-7996

Анотація

У статті проведено аналіз основних конфігурацій систем високотемпературних теплових насосів, що функціонують при підвищених робочих тисках. Розглянуто одноступінчасті, двоступінчасті, каскадні та транскритичні теплові насосні цикли, а також системи з проміжним охолодженням, внутрішнім теплообмінником, економайзером, ежектором і паралельним стисненням. Особливу увагу приділено використанню діоксиду вуглецю (CO_2) як робочого тіла для високотемпературних теплових насосів.

Показано, що зі збільшенням температури теплового споживача зростають ступінь стиснення, температура нагнітання та питомі енергетичні витрати компресора. У зв'язку з цим одноступінчаста конфігурація має обмежену область ефективного застосування за значного температурного підйому. Використання двоступінчастого стиснення дозволяє зменшити навантаження на окремі ступені компресора та температуру нагнітання. Каскадні системи забезпечують можливість розподілу загального температурного підйому між декількома холодильними контурами.

Ключові слова: тепловий насос, високий тиск, високотемпературний тепловий насос, CO_2, транскритичний цикл, компресор, каскадна система, двоступінчасте стиснення, коефіцієнт перетворення, промислове тепло.

1. Вступ

Сучасний розвиток енергетики характеризується необхідністю підвищення ефективності використання енергоресурсів та скорочення споживання випарного газу. Одним із перспективних напрямів декарбонізації теплопостачання є застосування теплових насосів, які забезпечують перенесення теплоти від низько потенційного джерела до споживача з вищою температурою.

Особливе місце займають високотемпературні теплові насоси (High Temperature Heat Pumps, HTHP), які можуть використовуватися для виробництва гарячої води, технологічного тепла, пари, а також для утилізації скидної теплоти промислових підприємств. Застосування таких систем дозволяє замінити частину традиційних установках які генерують тепло електрифікованими технологіями.

Одним із найбільш перспективних робочих тіл для високотемпературних систем є діоксид вуглецю (CO_2). Його критична температура становить приблизно 31,1 °C, а критичний тиск — близько 7,38 МПа. Унаслідок цього при високій температурі тепловіддачі CO_2-система може працювати у транскритичному режимі, при якому теплота відводиться в охолоджувачах газу без процесу конденсації [1; 2].

2. Актуальність дослідження

Актуальність дослідження конфігурацій теплових насосів високого тиску визначається необхідністю отримання теплової енергії високого температурного потенціалу при мінімальних витратах електроенергії.

Енергетична ефективність теплового насоса характеризується коефіцієнтом перетворення:

$$COP = \frac{\dot{Q}_h}{\dot{W}_{comp}} \qquad (1)$$

COP — коефіцієнт конверсії (Coefficient of Performance) теплового насосу — безрозмірне значення;

$\dot{Q}_h$ — теплова потужність, що передається споживачу тепла, Вт або кВт;

$\dot{W}_{comp}$ — потужність, що споживає компресор, Вт або кВт;

$\dot{}$ точка понад значенням $\dot{Q}_h$ и $\dot{W}_{comp}$ означає потужність, тобто кількість енергії за одиницю часу.

При збільшенні температури нагрівання зростає температурний підйом:

$$\Delta T = T_h - T_s \qquad (2)$$

ΔT — підвищення температури теплового насоса, °C или K;

T_h — температура споживача тепла (температура, до якої теплоносій має бути нагрітий), °C или K;

T_s — температура джерела низькосортного тепла, °C или K.

Зростання ΔT призводить до збільшення роботи стиснення та, відповідно, до зниження COP. Для мінімізації цього ефекту застосовуються багатоступінчасті та каскадні конфігурації.

Таким чином, проблема вибору конфігурації високотемпературного теплового насоса є комплексною та включає оптимізацію робочого тіла, тиску, температурних режимів, компресорного обладнання та теплообмінних апаратів.

3. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблемі підвищення ефективності теплових насосів високої температури присвячено значної кількісті наукових досліджень. У роботах [1–3] розглянуто особливості транскритичних CO_2-циклів, їх термодинамічні характеристики та способи підвищення коефіцієнта перетворення.

Дослідження транскритичних CO_2-систем показують, що одним із ключових параметрів є оптимальний високий тиск. На відміну від традиційного парокомпресійного циклу, його збільшення не завжди забезпечує підвищення

ефективності. Оптимальний тиск визначається температурою газу на виході з охолоджувача газу, температурою джерела теплоти та конструктивними характеристиками системи [1; 3].

У роботах [4; 5] досліджено багатоступінчасті та каскадні конфігурації. Показано, що розподіл загального ступеня стиснення між декількома компресорами дозволяє знизити температуру нагнітання та покращити умови роботи компресорного обладнання.

Сучасні дослідження також приділяють значну увагу ежекторним системам, внутрішнім теплообмінникам, економайзерам і паралельному стисненню [2; 4]. Ці технічні рішення дозволяють частково компенсувати втрати, характерні для традиційного процесу дроселювання, та підвищити енергетичну ефективність циклу.

Разом з тим вибір конфігурації залежить від конкретного температурного режиму та не може здійснюватися виключно за максимальним значенням COP. Необхідно також враховувати максимальний робочий тиск, температуру нагнітання, кількість компресорів, складність системи керування, надійність та капітальні витрати.

4. Основна частина

4.1. Одноступінчаста конфігурація

Найпростішою є одноступінчаста парокомпресійна схема, що включає компресор, конденсатор або охолоджувач газу, розширювальний пристрій та випарник.

У загальному випадку цикл складається з чотирьох основних процесів:

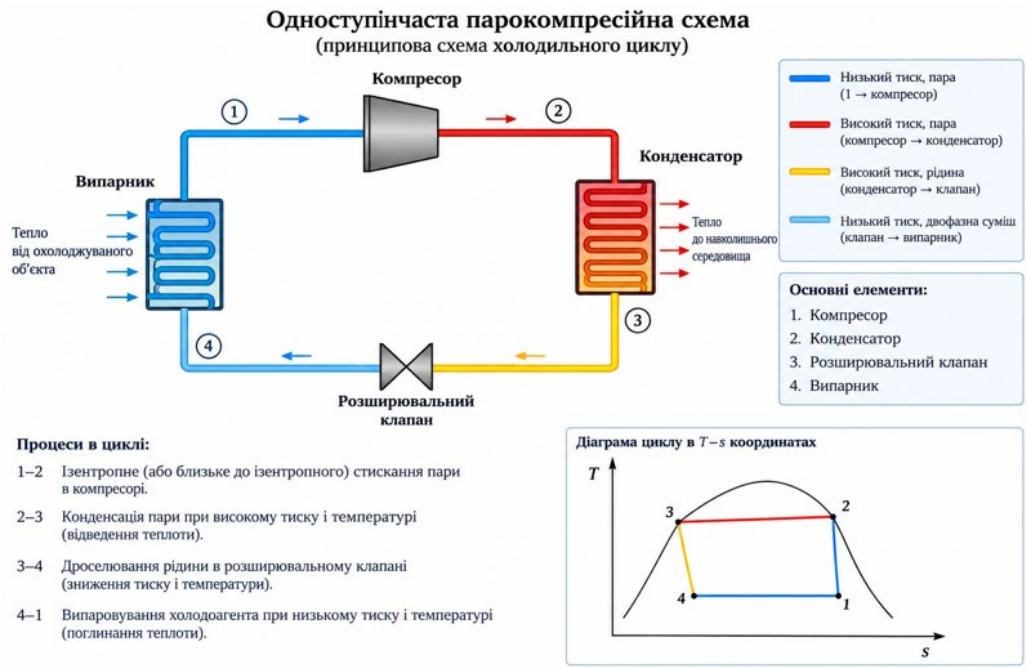


Рисунок 1 – Принципова схема холодильного циклу

4.2. Двоступінчаста конфігурація

Двоступінчастий цикл передбачає послідовне стиснення робочого тіла двома компресорами або двома ступенями одного компресора.

Принципову схему можна представити у вигляді:

випарник → компресор НТ → проміжний охолоджувач → компресор ВТ → газоохолоджувач → розширювальний пристрій → випарник.



Рисунок 2 – Принципова схема двоступінчастого холодильного циклу

Загальний ступінь стиснення розподіляється між двома ступенями:

$$\pi = \frac{p_2}{p_1} = \frac{p_2}{p_{\text{int}}} \cdot \frac{p_{\text{int}}}{p_1} \qquad (3)$$

де:

π — загальний ступінь стиснення;

p_1 — тиск робочого тіла на вході до першого ступеня компресора, Па або МПа;

p_{int} — проміжний тиск між ступенями стиснення, Па або МПа;

p_2 — кінцевий тиск після другого ступеня стиснення, Па або МПа;

$\frac{p_{\text{int}}}{p_1}$ — ступінь стиснення першого ступеня;

$\frac{p_2}{p_{\text{int}}}$ — ступінь стиснення другого ступеня.

Оптимальний проміжний тиск для ідеалізованого випадку може наближено визначатися як:

$$p_{\text{int}} \approx \sqrt{p_1 \cdot p_2} \qquad (4)$$

Реальна оптимальна величина залежить від ефективності компресорів, температурного режиму та конструкції проміжного охолоджувача.

Основною перевагою двоступінчастої схеми є зниження температури нагнітання та питомої роботи стиснення окремого ступеня.

4.3. Каскадна конфігурація

Каскадна система складається з двох або більше холодильних контурів, з'єднаних через каскадний теплообмінник.

Нижній контур відбирає теплоту від джерела низької температури та передає її верхньому контуру. Верхній контур забезпечує подальше підвищення температури до необхідного рівня.

Основною перевагою каскадної системи є можливість використання різних робочих тіл у різних температурних діапазонах.

Крім того, загальний температурний підйом розподіляється між двома контурами, що дозволяє знизити ступінь стиснення кожного компресора.

Недоліками є збільшення кількості обладнання, складність регулювання та необхідність використання додаткового каскадного теплообмінника.

4.4. Транскритична CO_2-конфігурація

CO_2 є перспективним робочим тілом для високотемпературних теплових насосів завдяки сприятливим теплофізичним властивостям та можливості роботи в широкому температурному діапазоні.

Транскритична схема відрізняється від традиційного парокомпресійного циклу тим, що після компресора робоче тіло перебуває вище критичної точки. У охолоджувачі газу CO_2 віддає теплоту без конденсації.

Спрощено цикл можна представити так:

компресор → газоохолоджувач → дросель → випарник → компресор.

Для такої системи необхідно забезпечувати оптимальний високий тиск. Якщо тиск буде занадто низьким, зменшується тепловіддача; при надмірно високому тиску різко збільшується робота компресора.

Отже, існує оптимальна область тиску, за якої забезпечується максимальний COP.

4.5. Конфігурації з додатковими елементами

Підвищення ефективності транскритичного циклу можливе шляхом встановлення додаткових елементів.

Внутрішній теплообмінник (ІНХ) забезпечує теплообмін між гарячим потоком після охолоджувача газу та холодним потоком після випарника. Його використання може змінювати температуру всмоктування компресора та ступінь переохолодження робочого тіла.

Економайзер використовується для створення проміжного тиску та організації додаткового підживлення компресора паровою фазою.

Ежектор дозволяє частково використовувати енергію потоку високого тиску, яка в традиційній схемі втрачається під час дроселювання.

Паралельне стиснення передбачає використання додаткового компресора для стиснення пари з проміжного тиску. Це дозволяє знизити навантаження на основний компресор.

Поєднання зазначених елементів дозволяє сформувати складні високоефективні конфігурації транскритичних теплових насосів.

Таблиця 1 – Порівняння конфігурацій

Конфігурація	Переваги	Недоліки	Рекомендована область
Одноступінчаста	Простота, низька вартість	Високий ступінь стиснення	Невеликий температурний підйом
Двоступінчаста	Нижча температура нагнітання	Складніша конструкція	Високий температурний підйом
Каскадна	Розподіл температурного підйому	Декілька контурів	Високотемпературне тепло
З ІНХ	Покращення теплообміну	Додаткові втрати тиску	Транскритичні цикли
З економайзером	Підвищення продуктивності	Складність схеми	Високі навантаження
З ежектором	Часткове відновлення енергії розширення	Складне регулювання	CO_2-системи
Паралельне стиснення	Зменшення навантаження основного компресора	Додатковий компресор	Змінне навантаження
Каскад CO_2/CO_2	Висока температура нагрівання	Високий рівень складності	Високотемпературні процеси

Аналіз показує, що зі збільшенням необхідної температури теплового споживача перевага поступово переходить від простої одноступінчастої схеми до багатоступінчастих і каскадних конфігурацій.

5. Висновки

1. Конфігурація теплового насоса є одним із визначальних факторів його енергетичної ефективності та надійності.

2. Одноступінчаста схема характеризується конструктивною простотою, але її застосування обмежується при значному температурному підйомі через збільшення ступеня стиснення та температури нагнітання.

3. Двоступінчасте стиснення дозволяє розподілити загальний ступінь стиснення між декількома ступенями, знизити температурне навантаження на компресор та підвищити ефективність системи.

4. Каскадні системи є перспективними для виробництва тепла високої температури завдяки розподілу температурного підйому між окремими контурами.

5. Транскритичні CO_2-теплові насоси є перспективним рішенням для високотемпературного теплопостачання, проте потребують роботи з високими тисками та оптимізації режиму газоохолоджувача.

6. Найбільш перспективними напрямами подальшого вдосконалення є застосування двоступінчастого стиснення, економайзера, внутрішнього теплообмінника, ежектора, паралельного стиснення та каскадних конфігурацій.

7. Вибір оптимальної конфігурації повинен здійснюватися не лише за максимальним COP, а й за максимальним робочим тиском, температурою нагнітання, питомим енергоспоживанням, надійністю та капітальними витратами.

Список використаних джерел

1. Sarkar J., Bhattacharyya S., Gopal M. R. Transcritical CO_2 heat pump systems: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011. Vol. 15, № 9. P. 4013–4029.
2. Cao F., Song Y., Li M. Review on development of air source transcritical CO_2 heat pump systems using direct-heated type and recirculating-heated type. International Journal of Refrigeration. 2019. Vol. 104. P. 455–475.
3. A review of transcritical carbon dioxide heat pump and refrigeration cycles. Energy. 2013. Vol. 55. P. 156–172.
4. High-temperature and transcritical heat pump cycles and advancements: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2022. Vol. 167. Article 112798.
5. Kong L., Walmsley T. G., Hoang D. K., Schlosser F., Chen Q., Carson J. K., Cleland D. J. Transcritical-transcritical cascade CO_2 heat pump cycles for high-temperature heating: A numerical evaluation. Applied Thermal Engineering. 2023. Article 122005.
6. Comprehensive study of high temperature heat pump configurations: A framework of performance and application. Energy. 2025. Vol. 334. Article 137525.
7. Research progress of CO_2 air source heat pump system for heating. Renewable Energy. 2026. Vol. 259. Article 125083.

УДК 621.396:621.3.019.3

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.028

СТРУКТУРНА НАДЛИШКОВІСТЬ ПРИ ОЦІНЮВАННІ НАДІЙНОСТІ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ОБЛАДНАННЯ

Кузавков Василь
доктор технічних наук, професор,
начальник кафедри електроніки та схемотехніки
факультету електронних комунікаційних систем,
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут
м. Київ, Україна
ORCID ID: 0000-0002-0655-9759
Ланко Антон
здобувач ступеня доктора філософії поза ад'юнктурою,
Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут,
м. Київ, Україна
ORCID ID: 0009-0001-1124-1526
Україна

У межах дослідження з оцінки надійності радіоелектронного обладнання (РЕО) [1], авторами встановлено взаємозв'язок між інженерними показниками та положеннями статистичної теорії надійності. У роботі запропоновано чотири кількісні показники, кожен з яких описує функцію залежності окремого аспекту

технічного стану РЕО: f_1 – Tγ (залишковий ресурс), f_2 – P(t) (ймовірність безвідмовної роботи), f_3 – Ткр (компонентний ресурс), f_4 – λвіб (вібраційна компонента інтенсивності відмов).

Методика оцінки залишкового ресурсу РЕО, що відображає функцію f_1 [2], дозволяє отримати кількісну оцінку залишкового ресурсу РЕО виключно за результатами зовнішнього огляду.

Результат f_1 є часовою характеристикою: він відповідає на питання «скільки ресурсу залишилось». Проте для прийняття рішення про продовження строку служби або списання виробу цього недостатньо.

По-перше, залишковий ресурс є скалярною оцінкою елементного рівня і не враховує структуру апаратури. Якщо зразок містить резервні елементи, системна надійність може бути суттєво вищою за надійність окремого блоку - і рішення, прийняте лише на основі залишкового ресурсу (Tγ), буде надмірно консервативним.

По-друге, Tγ і P(t) - різні за фізичним змістом показники: перший характеризує очікуваний залишок ресурсу, другий - ймовірність безвідмовної роботи (P(t)) в межах цього ресурсу з урахуванням фактичного стану деградації і структури системи.

Розрахунок ймовірності безвідмовної роботи резервованих систем є добре розробленою областю теорії надійності [3]. Формули для паралельного, послідовно-паралельного резервування та резервування заміщенням відомі і застосовуються в нормативній практиці. Стандарт MIL-HDBK-217F [4] надає табличні значення базових інтенсивностей відмов λб та систему π-коефіцієнтів для їх корекції залежно від умов застосування.

Однак, усі ці інструменти передбачають наявність двох ключових вхідних даних: відомого типу структури резервування з технічної документації та відомого часу напрацювання з журналів обліку.

При оцінюванні надійності РЕО без паспортних даних, обидва параметри недоступні. Крім того, жодна «стандартна» методика не передбачає корекції λ залежно від фактичного стану конкретного зразка, визначеного при огляді.

Саме цю задачу вирішує методика урахування структурної надлишковості, (представлена функцією f_2): маючи на вході Dvis з огляду (через f_1)[1] і конструктивні ознаки апаратури, отримати P(t) без додаткової документації.

Ця задача має три складові:

ідентифікація структури резервування за ознаками огляду;

оцінювання ефективного часу напрацювання за ознаками зносу;

переведення якісної оцінки стану деградації в кількісну корекцію параметра моделі.

Наукова новизна f_2 полягає не в математичному апараті розрахунку P(t) – (він є класичним), а в трьох авторських процедурах ідентифікації вхідних параметрів за спостережуваними ознаками: класифікаторі S_1–S_4; системна ймовірність для різних типів резервування; алгоритм визначення k_{use} (за спостережуваними ознаками зносу та коефіцієнті стану Ks). Разом послідовність дій утворює замкнений ланцюг (огляд → параметри → P(t)) якого не існує в існуючій нормативній базі.

Список використаних джерел

1. Кузавков В.В. Ланко А.В. Оцінка показників надійності радіоелектронного обладнання в умовах обмеженої апріорної інформації.. V Міжнародна науково практична конференція, Актуальні питання сучасної науки: історія, теорія, практика : тези доп. Харків : СГ НТМ «Новий курс», 2026. С. 93—95. DOI 10.61718/nsn.ISBN2786-6777(online).
URL:https://mega.nz/file/WqIWjA7K#V5HvQ4hyIELfqDXrzBiEEeAAwEvSo9DV-_SVbKevsTw
2. Кузавков В.В. Ланко А.В. Яшник В.С. Методика оцінювання залишкового ресурсу радіоелектронного обладнання Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference "Global Directions in Scientific Research and Technological Development" September 7-9, 2026 Valencia, Spain C. 314-316 DOI 10.70286/EOSS-07.09.2026.014.314-316
3. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними: ДСТУ 3004:95. [Чинний від 1995-01-25]. Київ: Держстандарт України, 1994. 124 с. (Державний стандарт України)
4. MIL–STD–756B. Reliability Modeling and Prediction. Department of Defense, USA. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1981. 84 p.SA. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1981. 84 p

DOI 10.70286/ISU-09.09.2026.029

РОБОЧІ РІДИНИ ДЛЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Матвєєв В.В.
механік І-го розряду, старший механік,
старший викладач кафедри ЕСЕУ
ХДМА (Херсонська Державна Морська Академія),
м. Херсон, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3826-7996

Анотація

У статті розглядаються робочі рідини, які використовуються та перспективні для високотемпературних теплових насосів. Аналіз основних вимог до робочих рідин проводиться з урахуванням термодинамічних, термофізичних, екологічних, експлуатаційних та економічних характеристик. Розглядаються природні робочі рідини — вода R718, аміак R717, вуглекислий газ R744 та вуглеводні R600, R600a, R601, R601a — а також сучасні синтетичні робочі рідини груп HFO та HCFO.

Ключові слова: Тепловий насос високої температури (ВТТН), робоча рідина, холодоагент, R718, R717, R744, вуглеводні, HFO, HCFO, COP, GWP, тиск, температура викиду.

Вступ

Високотемпературні теплові насоси (ВТТН) є одним із перспективних способів підвищення енергоефективності промислових процесів. Їхня основна мета — перетворювати низькоякісне тепло на тепло вищого рівня, придатне для технологічного нагрівання, гарячої води або пари.

Використання високотемпературних теплових насосів особливо актуальне в промисловості, де значна частина енергії витрачається на виробництво тепла при температурах понад 100 °C. Сучасні дослідження розглядають високотемпературні теплові насоси для теплового забезпечення приблизно 100…200 °C і вище [2].

Ефективність теплового насоса визначається не лише його конструкцією, а й властивостями робочої рідини.

1. Основні вимоги до робочих рідин

Робоча рідина ВТТН повинна одночасно відповідати термодинамічним, екологічним, технічним та експлуатаційним вимогам.

1.1. Термодинамічні вимоги

Основні термодинамічні характеристики включають:

a) високу температура випаровування;
b) відповідна критична температура;
c) оптимальний тиск випаровування та конденсації;
d) низький ступінь стиснення;
e) прийнятну температуру нагнітання;
f) велика об'ємна продуктивність
g) хороші властивості теплопередачі.

Критична температура робочої рідини має особливе значення. Якщо необхідна температура гарячого джерела наближається або перевищує критичну температуру, нормальний субкритичний цикл може стати неефективним або неможливим.

Для транскритичного циклу, навпаки, перевищення критичної температури може бути частиною режиму роботи.

2. Коефіцієнт перетворення тепла

Енергоефективність теплового насоса визначається коефіцієнтом перетворення:

$$COP = \frac{Q_k}{W} \qquad (1)$$

де:

Q_k - кількість тепла, що передається споживачу (конденсатору), кВт;

W - електрична або механічна енергія, витрачена на привод компресора, кВт.

Ідеальний коефіцієнт перетворення використовується для оцінки впливу температурних умов:

$$COP_{карно} = \frac{T_k}{T_k - T_u} \qquad (2)$$

де:

T_k - абсолютна температура теплого джерела (конденсація), K;

T_u - абсолютна температура холодного джерела (випаровування), K.

$$\Delta T = T_к - T_и \qquad (3)$$

Чим менша різниця температур ΔT, тим вищий COP і енергоефективність теплового насоса.

3. Класифікація робочих рідин

Робочі рідини VTTN можна традиційно поділити на такі групи: природні (вода R718, аміак R717, CO2 R744); вуглеводні; синтетичні HFO; синтетичні HCFO; робочі суміші.

Сучасні огляди також розглядають низькорівневі GWP HFO та HCFO як альтернативу традиційним HFC [3].

4.1. Вода R718

Вода — одна з найперспективніших рідин для теплових насосів з дуже високою температурою.

Його позначення холодильного обладнання — R718.

Основні переваги води: майже нульовий GWP; без ODP; висока питома теплоємність випаровування; доступність хімічних речовин; нелегко займистість; низька вартість; висока екологічна безпека.

Поточний огляд систем R718 вказує на значний водний потенціал для TTP, особливо при температурах понад 100 °C [3].

Однак вода має суттєвий недолік — дуже низьку густину водяної пари при низькому тиску.

Внаслідок цього виникає великий об'ємний потік:

$$\dot{V} = \frac{V}{t} \qquad (4)$$

де:

$\dot{V}$ - об'ємний потік — м³/с;

V - об'єм, м³;

t - час, с;

Следовательно, для одной и той же тепловой мощности требуется компрессор с большой объёмной производительностью.

Кроме того, высокая величина показателя адиабаты приводит к значительному повышению температуры при сжатии [3].

Современные исследования показывают, что системы на R718 способны рассматриваться для температур теплоснабжения примерно 130…250 °C, однако реальные характеристики сильно зависят от конфигурации и компрессора [8].

4.2. Аміак R717

Аміак:

R717=NH3

є традиційною природною робочою рідиною.

Його переваги: висока теплочутливість випаровування; хороші термофізичні властивості; високий коефіцієнт теплопередачі; низький GWP; нульовий ODP; широке промислове застосування; порівняно висока енергоефективність.

4.3. Вуглекислий газ R744

Вуглекислий газ:

R744=CO2,

Це природна робоча рідина з:

GWP=1.

Основні переваги: низький екологічний потенціал; нелегкозаймисті; доступність; хороші властивості теплопередачі; висока об'ємна пропускна здатність; здатність працювати в транскритичному режимі.

Головною особливістю CO_2 є його відносно низька критична температура:

$$T_{кр}=31°C$$

$$p_{кр}=7{,}38 \text{ МПа}$$

Тому при високих температурах гарячої охолоджуючої рідини цикл стає транскритичним.

Недоліком R744 є дуже високий робочий тиск.

CO_2 особливо перспективний для нагрівання води та процесів, де температура гарячого потоку суттєво змінюється в теплообміннику [7].

4.4. Вуглеводневі робочі рідини

Вуглеводні становлять значний інтерес для ВТТН завдяки своїм хорошим термодинамічним характеристикам і низькому впливу на навколишнє середовище.

Перспективні робочі рідини включають: пропан R290; ізобутан 600a; бутан R600; пентан R601; ізопентан R601a; гексан.

Сучасне порівняльне дослідження показало, що бутан, пентан і гексан є одними з найперспективніших робочих рідин для широкого спектра високотемпературних режимів [2].

Головна перевага вуглеводнів полягає в поєднанні: високої термодинамічної ефективності; низького GWP; нульового ODP; хорошої сумісності з різними конфігураціями циклів.

Головний недолік — це легкозаймисті властивості.

4.5. Робочі рідини HFO

Гідрофлуороолефіни (HFO) були розроблені як нове покоління рідин з низьким вмістом GWP.

Для теплових насосів розглядаються речовини: R1234ze(E); R1234yf; R1336mzz(Z); R1234ze(Z) та інші.

HFO можуть мати відповідні температури кипіння та критичні температури для високотемпературних циклів.

4.6. Робочі рідини HCFO

Гідрохлорфтороолефіни (HCFO) також вважаються робочими рідинами з низьким вмістом GWP.

Серед речовин, що досліджуються:

-R1233zd(E);

-R1224yd(Z);

-інші сполуки цієї групи.

Вони можуть бути цікавими для високотемпературних циклів завдяки відповідним точкам кипіння та критичним параметрам.

Сучасне систематичне дослідження 16 робочих рідин у різних конфігураціях ВТТН показало, що природні рідини мають перевагу в термодинамічній ефективності в багатьох умовах. Зокрема, поєднання вуглеводнів, води, аміаку та CO_2 дозволило охопити близько 98% досліджуваних температурних умов при виборі відповідних циклів [2].

Таблиця 1- Порівняння основних робочих рідин

Робоча рідина	Позначення	Основний цикл	Екологічні властивості	Головна перевага	Головне обмеження
Вода	R718	Субкритичний	Дуже добре	Висока температура застосування	Великий питомий об'єм пари
Аміак	R717	Субкритичний	Дуже добре	Висока ефективність	токсичність, тиск
CO_2	R744	транскритичний	Дуже добре	Велика об'ємна здатність	Дуже високий тиск
Бутан	R600	Субкритичний	Добре	Висока ефективність	Легкозаймистість
R1234ze(E)	HFO	Субкритичний	Низький GWP	Низький вплив на клімат	Властивості відрізняються залежно від режиму
R1233zd(E)	HCFO	Субкритичний	Низький GWP	Застосування при високих температурах	Потреба у комплексній оцінці

5. Робочі комбінації

Однією з перспективних сфер є бінарні та багатокомпонентні суміші.

На відміну від чистої речовини, суміш може мати тепловий слайд під час фазового переходу.

Перевага особливо важлива для високотемпературних процесів.

Переваги сумішей включають: покращене узгодження температури; можливість оптимізувати COP; розширення діапазону робочих температур; можливість коригувати властивості суміші.

Недоліки: складність заправки; зміна складу у разі витоків; необхідність визначення фазової рівноваги; більш складний аналіз теплопередачі; необхідність контролю складу.

6. Вплив робочої рідини на тиск компресора і температуру нагнітання

Робочий тиск є одним із найважливіших факторів у конструкції ВТТН високого тиску.

Температура нагнітання є критичним параметром ВТТН.

Занадто висока температура може призводити: до погіршення властивостей масла; скорочення терміну служби компресора; погіршення теплообміну; термічного розкладу робочої рідини.

Тому при виборі робочої рідини необхідно враховувати тиск і температуру викиду одночасно.

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} \qquad (5)$$

T_1 - абсолютна температура газу перед процесом — K;

T_2 - абсолютна температура після процесу — K;

p_1 - абсолютний тиск перед процесом;

p_2 - абсолютний тиск після процесу;

κ - Адіабатичний індекс:

Список використаних джерел

1. Jiang J., Hu B., Wang R. Z., Deng N., Cao F., Wang C. C. A review and perspective on industry high-temperature heat pumps. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2022. Vol. 161. 112106.
2. Martin Pihl Andersen, Benjamin Zehldorf, Wiebke Brix, Markussen, Jonas Kjar Jensen, Brian Elmegaard. Selection of working fluids and heat pump cycles at high temperatures: Creating a concise technology portfolio. Applied Energy. 2024. Vol. 376. Article 124312. DOI: 10.1016/j.apenergy.2024.124312.
3. Ruzhu Wang, Hongzhi Yan, Di Wu, Jiatong Jiang, Yixiu Dong. High temperature heat pumps for industrial heating processes using water as refrigerant. Energy. 2024. Vol. 313. Article 133847. DOI: 10.1016/j.energy.2024.133847.
4. Elias Vieren, Toon Demeester, Wim Beyne, Martin Pihl Andersen, Brian Elmegaard, Alessia Arteconi, Michel de Paepe, Steven Lecompte. Selection of pure and binary working fluids for high-temperature heat pumps: A financial approach. Applied Thermal Engineering. 2024. Vol. 252. Article 123615. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2024.123615.
5. Chang Xu, Hongting Ma, Xiaohui Yu. Comprehensive performance evaluation method of working fluids for high temperature heat pump based on multi-objective optimization. Applied Thermal Engineering. 2024. Article 123102. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2024.123102.
6. Xinxin Zhang, Yingzhen Li. A review of recent research on hydrofluoroolefin (HFO) and hydrochlorofluoroolefin (HCFO) refrigerants. Energy. 2024. Vol. 311. Article 133423.
7. Jan Spale, Andreas J. Hoess, Ian H. Bell, Davide Ziviani. Exploratory study on low-GWP working fluid mixtures for industrial high temperature heat pump with 200 °C supply temperature. Energy. 2024. Vol. 308. Article 132677. DOI: 10.1016/j.energy.2024.132677.
8. Mohamed Elwardani, Y. Siva Kumar Reddy, Nabil Nassif. Water (R-718) as a refrigerant for high-temperature heat pumps: opportunities, challenges, and future directions. Applied Thermal Engineering. 2026.

SECTION: TOURISM AND HOTEL AND RESTAURANT BUSINESS

ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСНОГО ЕФЕКТУ AI-СТИМУЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ГОСТЕЙ ГОТЕЛЮ

Гессен Анатолій Євгенович
кандидат економічних наук, доцент
Кафедра туристичного та готельно-ресторанного бізнесу
Дніпровський гуманітарний університет, Україна

Для українського готельного бізнесу ощадливе використання води й електроенергії давно перестало бути лише складовою екологічного іміджу. Нестабільність енергопостачання, подорожчання ресурсів, нерівномірне завантаження закладів розміщення і обмежені інвестиційні можливості змушують підприємства уважніше ставитися навіть до порівняно невеликих операційних витрат. У таких умовах особливого значення набувають рішення, які не потребують складної модернізації обладнання, але здатні скоротити споживання ресурсів через зміну повсякденної поведінки гостей.

Метою дослідження є огляд можливостей оцінювання ресурсного ефекту від застосування штучного інтелекту для стимулювання екологічно відповідальних рішень гостей українських готелів. Основну увагу зосереджено на повторному використанні рушників і постільної білизни, відмові від необов'язкового щоденного прибирання, скороченні споживання води, електроенергії й мийних засобів. Інформаційну основу становлять результати зарубіжних польових досліджень, наукові праці з цифровізації готельного бізнесу й документи, що визначають сучасні орієнтири енергоефективності України.

Затверджений урядом Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року поєднує питання енергетичної безпеки, енергоефективності, декарбонізації й економічного розвитку [1]. Реалізація таких орієнтирів залежить не лише від державної політики або великих інфраструктурних проєктів. Сфера гостинності також може брати участь у скороченні ресурсоспоживання, причому частина відповідних заходів цілком доступна малому й середньому бізнесу.

Дослідження цифровізації туристичної сфери України свідчать про поступове поширення мобільних сервісів, чат-ботів, аналітичних систем, штучного інтелекту й технологій Інтернету речей. Водночас недостатня цифрова інфраструктура, висока вартість упровадження та неоднаковий рівень технологічної готовності підприємств продовжують стримувати цей процес [2]. Схожа проблема простежується у готельно-ресторанному бізнесі: цифрові інструменти нерідко використовуються для бронювання, просування або

комунікації з клієнтами, але значно рідше пов'язуються з управлінням водою, енергією та відходами [3].

Саме тому AI-стимулювання варто розглядати не як окремий технологічний проєкт, а як додаткову функцію вже наявної цифрової системи. Повідомлення про можливість відмовитися від щоденного прибирання може надходити через чат-бот, мобільний застосунок, електронну пошту, QR-інтерфейс у номері або цифровий кабінет гостя. Для більшості українських готелів такий формат реалістичніший за придбання спеціалізованих роботів-консьєржів. Технологічна форма тут другорядна. Значення має зміст повідомлення, своєчасність звернення і простота підтвердження вибору.

Практичну результативність такого підходу демонструє польове дослідження H. Alboqami і G. Agag, проведене у восьми готелях Китаю [4]. Робот-консьєрж пропонував гостям повторно використовувати рушники й постільну білизну або відмовитися від необов'язкового прибирання. Нейтральне повідомлення містило інформацію про ресурсозбереження, тоді як експериментальний варіант наголошував на екологічних наслідках бездіяльності. Комунікація залишалася помірною і не передбачала осуду.

У контрольній групі частка ресурсозберігальних дій зросла з 32 до 34 %. У готелях, де застосовувалося спеціально сформоване AI-повідомлення, відповідний показник збільшився з 33 до 42 %. Чистий ефект інтервенції становив близько семи відсоткових пунктів, або 70 додаткових екологічних рішень на кожні 1000 гостьових ночей [4].

Пряме перенесення отриманого результату на український готельний ринок було б методично некоректним. Поведінка гостей залежить від культурного середовища, категорії готелю, тривалості перебування, вартості номера, мети поїздки й звичних стандартів обслуговування. Однак зарубіжний експеримент підтверджує принципову можливість виміряти зв'язок між цифровим повідомленням і реальною дією. Для оглядового дослідження саме ця обставина має найбільшу цінність.

Ресурсний ефект AI-стимулювання може розглядатися як результат послідовного ланцюга:

$$\text{AI} - \text{повідомлення} \rightarrow \text{рішення гостя} \rightarrow \text{скорочення операцій} \rightarrow \text{економія ресурсів}.$$

Кожний елемент такого ланцюга потребує окремого показника. Кількість надісланих повідомлень характеризує охоплення. Частка підтверджених відмов від прибирання або заміни рушників відображає поведінкову реакцію. Кількість скасованих операцій дає змогу визначити фізичну економію води, енергії, мийних засобів і робочого часу. Лише після цього ресурсні показники можуть переводитися у грошову форму.

Базовий розрахунок пропонується здійснювати за формулою:

$$R_j = N \times \Delta p \times q_j,$$

де R_j — обсяг збереженого ресурсу; N — кількість гостьових ночей, під час яких пропонувалося екологічне рішення; Δp – приріст частки ресурсозберігальних дій після застосування AI-повідомлення; q_j – витрата певного ресурсу на одну операцію прибирання, прання або заміни білизни.

За розрахунковими припущеннями, наведеними H. Alboqami і G. Agag, одне додаткове екологічне рішення може зберегти близько 25 літрів води, 0,35 кВт·год електроенергії й 8 мл мийних засобів [4]. За приросту у 70 рішень на 1000 гостьових ночей потенційна економія становитиме 1,75 м³ води, 24,5 кВт·год електроенергії й 560 мл мийних засобів.

Наведені значення не слід сприймати як норматив для українських готелів. Фактичні витрати залежать від місткості прального обладнання, ступеня завантаження машин, температури води, технології сушіння, площі номера й прийнятого стандарту прибирання. Один заклад передає білизну сторонній пральні, інший має власне обладнання. Частина підприємств використовує індивідуальні системи водопостачання або автономне нагрівання води. За таких відмінностей однакова кількість відмов від обслуговування даватиме неоднаковий економічний результат.

Для української практики доцільніше застосовувати внутрішні коефіцієнти ресурсоспоживання. Витрати води визначаються за показниками лічильників або технічними характеристиками пральних машин. Споживання електроенергії встановлюється окремо для прання, сушіння, прасування і нагрівання води. Обсяг мийних засобів розраховується за фактичними нормами дозування. Трудова економія може оцінюватися через середню тривалість прибирання одного номера.

Певна складність виникає з розподілом загальних витрат. Відмова від заміни одного комплекту рушників не завжди скорочує кількість циклів прання, адже обладнання працює із завантаженням, сформованим із білизни багатьох номерів. Економія стає реальною тоді, коли накопичений обсяг відмов дозволяє уникнути цілого циклу прання або зменшити кількість таких циклів за обліковий період. Через це оцінювання на рівні однієї гостьової ночі має доповнюватися тижневими й місячними даними.

Не менш важливо враховувати витрати на сам цифровий інструмент. Якщо чат-бот або система комунікації вже функціонує, додавання екологічного сценарію потребуватиме порівняно невеликих витрат. Інакше виглядатиме ситуація з придбанням окремого обладнання, інтеграцією програмного забезпечення, навчанням персоналу й технічною підтримкою. У такому разі ресурсна економія може виявитися меншою за витрати на впровадження.

Чистий економічний результат можна визначати так:

$$E = V_w + V_e + V_d + V_l - C_{AI},$$

де, V_w – вартість збереженої води; V_e – вартість заощадженої електроенергії; V_d – зменшення витрат на мийні засоби; V_l – економія праці й експлуатаційних витрат; C_{AI} – витрати на створення, інтеграцію та обслуговування AI-рішення.

Однак оцінювати результат лише через пряме скорочення витрат було б недостатньо. Зменшення кількості циклів прання уповільнює зношування рушників і постільної білизни, подовжує строк експлуатації обладнання, скорочує обсяг стічних вод. Водночас необґрунтоване обмеження сервісу здатне погіршити враження від перебування. Екологічна ініціатива має працювати лише як добровільна альтернатива, а не як приховане зниження стандарту обслуговування.

Огляд попередніх досліджень підтверджує, що гості реагують не тільки на матеріальні стимули. Повідомлення, побудовані на соціальних нормах, уже довели результативність у програмах повторного використання рушників. AI розширює таку практику завдяки персоналізації, вибору часу звернення й можливості одразу зафіксувати відповідь. Проте надмірна персоналізація створює ризики прихованого психологічного тиску. Для українських готелів доречнішими видаються короткі нейтральні повідомлення з конкретним поясненням ресурсного наслідку.

Наприклад, абстрактний заклик «Допоможіть зберегти природу» не дає гостю зрозумілого уявлення про результат. Значно переконливішим може бути повідомлення: «Відмова від заміни рушників сьогодні скоротить використання води й електроенергії. За бажанням прибирання залишиться доступним». Такий формат зберігає добровільність і водночас показує практичний зміст рішення.

Система оцінювання для українського готелю може охоплювати частку гостей, які погодилися на екологічну пропозицію; кількість скасованих прибирань; обсяг води й електроенергії на одну зайняту кімнату; кількість циклів прання; витрати мийних засобів; вартість ресурсів на 1000 гостьових ночей. Додатково варто відстежувати скарги, оцінки чистоти, повторні звернення щодо прибирання й загальну задоволеність сервісом. Економія, отримана через погіршення якості обслуговування, не може вважатися повноцінним позитивним ефектом.

Огляд наукових джерел дозволяє визначити AI-стимулювання як доступний допоміжний інструмент управління ресурсами, а не як заміну технічній модернізації. Найбільшу практичну цінність для українських готелів матиме інтеграція екологічних повідомлень у вже наявні цифрові канали. Результативність такого рішення повинна підтверджуватися внутрішніми операційними даними. Саме поєднання поведінкових показників із фактичним споживанням води, енергії й матеріалів дає змогу відрізнити реальну ресурсну економію від формальної екологічної комунікації.

Список використаних джерел

1. Кабінет Міністрів України. Україна затвердила Національний план з енергетики та клімату в день початку переговорів про вступ до ЄС. 2024. URL: https://www.kmu.gov.ua/en/news/ukraina-zatverdyla-natsionalnyi-plan-z-enerhetyky-ta-klimatu-v-den-pochatku-peremovyn-pro-vstup-do-ies.
2. Івашко Л. Digitalization of the tourism and hospitality sector. Смарт-економіка, підприємництво та безпека. 2025. Т. 3, № 1. С. 16–28. DOI: https://doi.org/10.60022/sis.3.(01).2.
3. Барна М., Мельник І. Стратегія цифровізації готельно-ресторанного бізнесу. Економіка та суспільство. 2025. № 71. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-66.
4. Alboqami H., Agag G. Can AI change how guests behave? Field experimental evidence on guilt appeals and sustainable choices in hotels. International Journal of Hospitality Management. 2026. Vol. 139. Article 104778. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2026.104778.

SECTION: TRANSPORT TECHNOLOGIES AND LOGISTICS

AIRCRAFT FUEL ECONOMY PROGRAM PROJECT: OPERATIONAL METHODS AND IMPLEMENTATION STRATEGIES

Kulibaba Volodymyr
Master's Student in Flight Operations of Aircraft
Faculty of Flight Operations
Department of Flight Operations and Aviation Safety
Ukrainian State Flight Academy, Kropyvnytskyi, Ukraine

The aviation industry faces mounting pressure to reduce operational costs and environmental impact, with fuel expenditure representing the largest variable cost component for commercial airlines — typically 20–30 % of total direct operating costs. This paper presents the design of an aircraft fuel economy program for a short- and medium-haul operator, combining flight operations optimisation, weight and balance management, ground-operations measures and crew engagement into a single managed framework. The study defines the program objectives, the measurable performance indicators, the quantitative savings potential of individual operational methods and a four-phase implementation roadmap. The results indicate that a coordinated program based exclusively on operational measures — that is, without fleet renewal or aerodynamic retrofits — can deliver a 3–5 % reduction in block fuel within the first operational year [1; 2; 5].

1. Program Objectives and Scope

The fuel economy program targets three core objectives: (1) to reduce block fuel consumption through optimised flight planning and aircraft weight management; (2) to enhance crew competency in fuel-efficient operating techniques; and (3) to establish a continuous performance-monitoring loop that converts flight data into corrective action. The scope of the program is deliberately restricted to measures that are available to the operator in the short term and require no certification changes to the aircraft: flight planning, in-flight technique, ground operations, weight control and data monitoring. Measures requiring capital investment — engine washes, aerodynamic modifications, winglet retrofits or fleet replacement — are treated as a separate long-term stream and are excluded from the estimates presented below [2].

2. Flight Operations Optimisation Methods

Flight operations form the backbone of the fuel economy program. The principal optimisation methods are the following. Cruise optimisation covers the selection of a cost-index-based speed schedule, the use of optimum flight levels and timely step-climb requests as the aircraft mass decreases. Descent optimisation relies on Continuous Descent Approach (CDA) procedures, which remove level-flight segments at low altitude and allow the engines to remain close to idle thrust throughout the descent [3]. Weight and centre-of-gravity management includes the elimination of discretionary fuel that is not

justified by the fuel policy, potable-water optimisation, cabin-equipment audits and aft-loading within the certified envelope to reduce trim drag. Ground-operations measures comprise single-engine taxi, reduced auxiliary power unit (APU) usage in favour of ground power, and reduced-thrust take-off where performance permits. Flight-plan quality — accurate route winds, realistic contingency fuel and route-specific alternate selection — underpins all of the above and is governed by the operator's fuel policy in accordance with ICAO flight planning and fuel management guidance [1].

3. Performance Metrics and Monitoring

A program that cannot be measured cannot be managed. The primary indicator adopted for the program is the relative block fuel saving on a given route, calculated against the route baseline established during the first three months of operation:

$$\Delta F = \frac{F_b - F_a}{F_b} \cdot 100\ \% \quad (1)$$

where ΔF is the relative block fuel saving, %; F_b is the baseline block fuel for the route, kg; and F_a is the actual block fuel achieved after the program measures have been introduced, kg. Secondary indicators include fuel burn per available seat-kilometre, the average discretionary fuel uplift per sector, the CDA compliance rate and the single-engine-taxi compliance rate. All indicators are derived from the flight data monitoring (FDM) system and reviewed monthly by the fuel efficiency working group [4; 5].

Table 1. Estimated fuel savings by operational method

Method	Per flight (kg)	Annual (tons)	Savings, %
Cruise optimisation	80–120	920–1,380	1.5–2.0
Descent optimisation (CDA)	300–500	3,450–5,750	0.8–1.2
Weight and CG management	40–90	460–1,035	0.5–0.9
Single-engine taxi	20–50	230–575	0.3–0.6
Reduced APU usage	15–35	170–400	0.2–0.4

Note. Estimates are based on typical Airbus A320-200 operations with an annual utilisation of approximately 11,500 flight cycles; values vary with aircraft type, route length, ATC environment and airline operating practices.

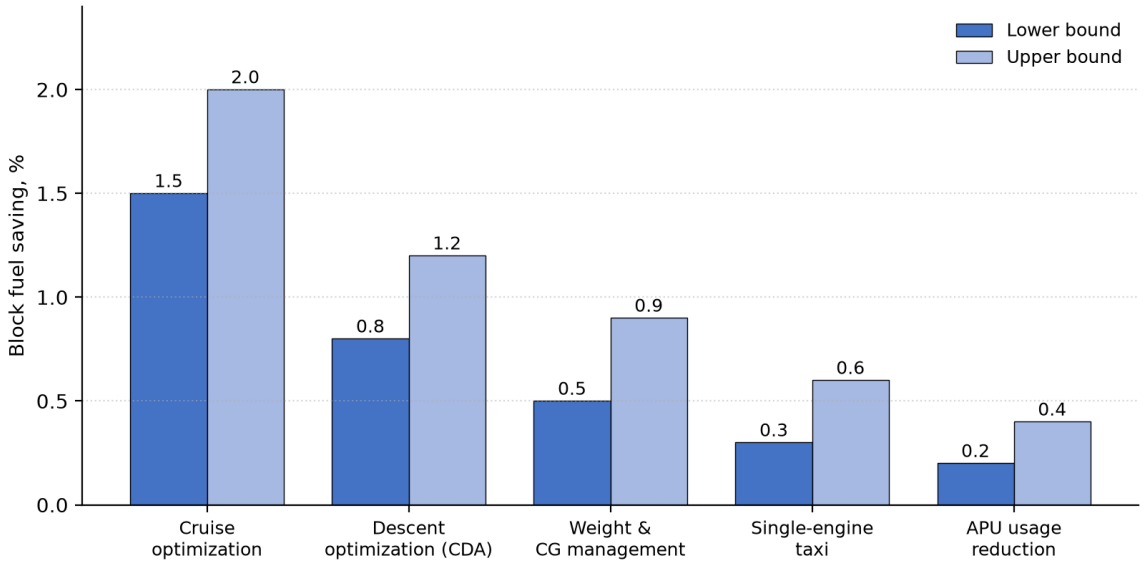


Figure 1. Block fuel saving potential of individual operational methods, %

4. Implementation Framework

Successful implementation requires a structured, phased approach, summarised in Table 2. The key enablers are the deployment of a flight data monitoring system capable of sector-level fuel analysis, crew training that explains not only the procedures but also their quantified effect, integration of the electronic flight bag with the flight planning system, and clear ownership of the program by a nominated fuel efficiency manager reporting to the director of flight operations. Experience reported in the literature shows that the principal risk to such programs is not technical but organisational: measures are introduced without feedback to crews, compliance decays and the initial gains are lost within two seasons [4].

Table 2. Implementation phase timeline

Phase	Timeframe	Key activities	Deliverable
Phase 1	Months 1–3	Baseline data collection, stakeholder engagement, fuel policy review	Route baseline and gap analysis
Phase 2	Months 4–6	Crew training, FDM and EFB tool integration, procedure updates	Revised OM-A/OM-B procedures
Phase 3	Months 7–12	Performance monitoring, data analysis, corrective actions	Quarterly efficiency reports
Phase 4	Ongoing	Continuous improvement, benchmarking, safety-culture reinforcement	Annual program review

5. Expected Outcomes and Recommendations

Implementation of the comprehensive fuel economy program is projected to reduce block fuel consumption by 3–5 % within the first operational year, corresponding to annual savings of the order of 3,000–6,000 tons of fuel and a proportional reduction of approximately 9,500–19,000 tons of CO2 for a fleet of ten A320-family aircraft. The estimates are conservative in the sense that they assume partial compliance — 70–80 % — with the newly introduced procedures, which is consistent with reported first-year compliance rates. Three recommendations follow from the analysis. First, the program must be owned operationally rather than administratively: a nominated manager with access to flight data and direct reporting to flight operations management. Second, savings must be measured against a route-specific baseline rather than against fleet averages, otherwise seasonal and network changes mask the effect of the measures. Third, crew feedback must be individual, non-punitive and frequent, since crew technique — and not the flight plan — determines the greater part of the achievable saving [4; 6]. Further research should quantify the interaction between operational measures and the introduction of sustainable aviation fuel within a single decarbonisation roadmap [7].

References

1. International Civil Aviation Organization. (2015). Flight planning and fuel management (FPFM) manual (Doc 9976, 1st ed.). ICAO.
2. International Civil Aviation Organization. (2014). Operational opportunities to reduce fuel burn and emissions (Doc 10013, 1st ed.). ICAO.
3. International Civil Aviation Organization. (2010). Continuous descent operations (CDO) manual (Doc 9931, 1st ed.). ICAO.
4. Bien, A. (2020). In-flight fuel management: Committing to the destination [Graduate research project]. Embry-Riddle Aeronautical University. https://commons.erau.edu/brazil-graduate-works/
5. Walter, A. (2023). Optimized fuel values for emission reduction. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1254(1), 012139. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012139
6. SKYbrary. (2024). Fuel – in-flight management (normal operations). SKYbrary Aviation Safety. https://skybrary.aero/articles/fuel-flight-management-normal-operations
7. International Air Transport Association. (2023). Sustainable aviation fuel (SAF) fact sheet. IATA. https://www.iata.org/en/iata-repository/pressroom/fact-sheets/fact-sheet-sustainable-aviation-fuels/

A SAFETY INDICATOR MODEL FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF AIR TRAFFIC CONTROLLER FATIGUE RISK MANAGEMENT

Palonyi Andrii
Ph.D. (Eng.), Associate Professor
Haslenko Anna
Master's degree student
Department of Air Navigation Service
Ukrainian State Flight Academy, Ukraine

Air traffic controller (ATCO) fatigue is a recognised risk factor at the level of ICAO and of the European Union. The applicable documents govern the structure and processes of a Fatigue Risk Management System (FRMS), yet they establish no uniform way of demonstrating its results [1-4]. The EASA study completed in May 2024 covered 1,414 duties of 216 controllers from a representative sample of air navigation service providers (ANSPs) of the EASA Member States and recorded a critical level of fatigue in 5.6 % of the duties analysed, qualifying that figure as a low to moderate risk relative to other professional domains [5]. The same study recommended reducing the variance in work and rostering practices across EU ANSPs that produces the few current critical fatigue hotspots [5]. The source of these data, a one-off field study, gives a provider no instrument for monthly monitoring. Review

studies record a shortage of standardised metrics of FRMS performance [6]. The purpose of these theses: to set out, in generalised form, the methodological foundations and the structure of a safety indicator model for the quantitative assessment of ATCO FRMS effectiveness. The computational relations, the numerical weights, the pairwise comparison matrices and the verification calculation are not presented below. They constitute the subject of a separate publication.

The methodological basis of the study is the distinction between the existence of an FRMS and its effectiveness. Effectiveness characterises the capacity of the implemented measures to reduce the risk level and to keep the working capacity of personnel within acceptable limits, unlike the formal completeness of the system; it decomposes into performance, functionality and adaptability. Effectiveness is hereafter narrowed to performance; functionality and adaptability are not thereby excluded from the model but are incorporated into the indicator system separately, through its process group. A systematisation of sources, whose preliminary results were published earlier [7], yielded three assessment paradigms for performance in this sense (Table 1). It is this distinction that defines what the model measures.

Table 1. Comparative description of the paradigms of FRMS effectiveness assessment

Paradigm	Object of assessment	Principal limitation	Contribution to the model
Compliance-based	Completeness of prescribed FRMS elements	Captures formal completeness only	Boundary of admissibility; objects of measurement
Indicator-based	Dynamics of indicators against criterion levels	Rare events yield no meaningful indicator	Quantitative measure of the result; continuity
Organisational maturity	Development of processes and reporting culture	High proportion of expert judgement	Introduces the organisational and cultural dimension

No paradigm on its own delivers either objectivity or completeness of assessment. A balanced solution is their integration: compliance under Regulation (EU) 2017/373 sets the boundary of admissibility, indicators give the quantitative measure of the result, maturity on the CANSO scale points to the direction of improvement [2; 8].

The audit must be distinguished from indicator measurement. It is discrete. Indicator monitoring is continuous and detects adverse trends well before a scheduled inspection. The suitability of an indicator for assessing FRMS effectiveness is determined by seven criteria: validity, reliability, sensitivity, measurability, timeliness, resistance to manipulation and non-redundancy, that is, minimum sufficiency relative to the remaining indicators; the criteria act as a sequential filter, and an indicator failing even one of them is not admitted to the system. The theoretical basis is provided by Hopkins's caveat [9]. An indicator that counts rare events supports no meaningful judgement about the state of the system. The second source: the distinction between the monitoring and driving functions of leading indicators [10]. The third: the need to apply the Safety-I and Safety-II models together, since the first records the absence of

adverse events while the second assesses the capacity of the system to hold its result under varying conditions.

The substantive content of the system rests on a classification of indicators. Proactive ones reflect the conditions preceding the accumulation of fatigue, reactive ones show the realised consequences, process ones characterise the quality of functioning of the management system itself. By data source, proactive indicators are divided into those computed from rosters, those based on sleep recording and the outputs of biomathematical models; the division is consistent with the eight families of metrics that IATA set out in 2014 [11]. The correspondence between the groups and the data sources is given in Table 2.

Table 2. FRMS indicator groups, data sources and measurement limitations

Indicator group	What it measures	Principal data sources	Limitations
Proactive	Conditions preceding the accumulation of fatigue	Rostering; sleep data; biomathematical model	Physiological data require dedicated means
Reactive	Realised consequences of fatigue	Fatigue reporting; investigations; traffic volume	Delay; dependence on reporting culture
Process	Quality of functioning of the system	Training and management review records; maturity self-assessment	Do not measure personnel state; expert judgement

Data availability declines from rosters, the most accessible source, to physiological measurement and occurrence recording. Proximity to the real state of personnel rises in the reverse order. A threat common to all groups is indicator distortion produced by purposeful behaviour of personnel or management: the fatigue reporting system under ICAO Doc 9966 is sensitive to distrust, and the share of fatigue-related occurrences depends on the completeness of investigations [3]. Hence the groups are applied together, and the distortion of one indicator is revealed through inconsistency with the rest.

The heterogeneity of indicators in units of measurement and in the direction of desirable change rules out their direct comparison. Converting a list into a single assessment requires four procedures: selection, normalisation, weighting, aggregation, which form the methodological pipeline of the OECD handbook [12]. The choice of methods is subordinated to the purpose of the assessment. Min–max linear scaling suits the comparison of several ANSPs. For assessing one provider against safety requirements it has a fundamental drawback: the normalisation limits are set by the indicator’s own history, so that the best state over the whole observation period receives the maximum score irrespective of its correspondence to safety objectives, and a decline in the real level of protection may be accompanied by a rise in the normalised value. Target-based normalisation was therefore selected, anchored on the alert and target levels under ICAO Doc 9859 [4].

Saaty's Analytic Hierarchy Process was selected as the principal weighting method, with mandatory verification of the consistency of judgements [13]. Objective methods, CRITIC among them, serve a control function: comparing expert and statistical weights reveals indicators for which judgements diverge from the structure of the data. The weights are reconciled by linear combination with priority given to substantive judgements. Aggregation is two-level. The indicators of each group are aggregated into a group sub-index, and the sub-indices into a composite index. Hence the aggregation structure preserves the diagnostic informativeness of the assessment.

On this basis a model of four interrelated components was developed. The first component, a balanced system of twelve indicators, covers five proactive, three reactive and four process ones, selected from fifteen candidates by a filter of suitability criteria with the ground for rejection stated for every excluded indicator. The structure follows the logic of the balanced scorecard: the realised consequences of fatigue correspond to outcome measures, working conditions and the state of personnel to leading measures, the quality of FRMS processes to the internal improvement perspective. Every indicator has a passport. The passport records the definition, the formula, the data source, the reporting period, the criterion levels and the interpretation limits; until it is filled in, the indicator is not measurable. Alert levels are computed from the statistical characteristics of the baseline period in accordance with ICAO Doc 9859, while target levels are set normatively [4]. Separating the two origins prevents the system from closing on its own history. Balance is ensured by rules of completeness with respect to the four FRMS components under ICAO Doc 9966, of minimum sufficiency and of mutual control: each reactive indicator is matched by at least one proactive and one process indicator [3].

The second component, a four-level hierarchy, covers the assessment goal, the three indicator groups, the twelve indicators and the supporting level of data sources. The last level takes no part in weighting. It records the dependence of each indicator on a specific data channel. The weights were established from explicitly formulated judgements, each accompanied by a reference to its source, at a consistency ratio below the threshold value of 0.10 for all pairwise comparison matrices [13]. Robustness was tested by perturbation: each judgement was varied by one step of the fundamental scale in both directions. No perturbation variant changed the ranking of the groups by importance, the composition of the most influential indicators, or the qualitative conclusion on the level of effectiveness, which allows the established weights to be used until their calibration against the data of a particular provider is complete. The procedure for that calibration against the judgements of an ANSP expert panel follows the logic of the Delphi method.

The third component, a composite index of FRMS effectiveness, comes with a calculation algorithm. Additive aggregation permits compensation: low values of some indicators are offset by high values of others. In the safety domain such compensation is acceptable only within limits. A critical-state rule was therefore introduced into the model. Where the indicators of realised fatigue consequences reach the alert level in two consecutive reporting periods, the composite assessment cannot attest to a sufficient or high level of effectiveness irrespective of the state of the remaining

indicators, and the constraint lifts only after both indicators return below the alert level. The rule fires in the most dangerous case: when favourable indicators of working conditions conceal realised consequences. The algorithm comprises nine steps: from the collection of input data with a completeness check to the documentation of results and their transfer to the monitoring dashboard. Data incompleteness is handled by a redistribution of weights within a group, constrained against selective refusal to collect the most demanding data. The eighth step is the diagnostic analysis. It identifies the indicators that lowered the score most, computes the contribution of each and turns a number into an ordered list of priorities.

The fourth component, a monitoring dashboard, has three levels of use. The strategic level is limited to the composite index, its annual dynamics and the level of effectiveness. The tactical level is intended for the officer responsible for the FRMS and for the fatigue management group; it is the core of the dashboard and comprises five zones: the composite score, the group sub-indices, the twelve indicators on a traffic-light logic, the diagnostics of contributions and data quality.

The operational level for supervisors and watch supervisors is limited to a selection of fast-changing indicators broken down by working position; a decision on an individual ATCO is taken outside the dashboard. Indicators computed from sleep and predicted alertness data are displayed only in de-identified aggregated form. The restriction has a twofold ground: beyond the protection of personal data, it secures credibility, since the willingness of personnel to self-report is determined by trust in the system [6]. It is for this reason that de-identification becomes a condition of measurability.

Implementation is organised in four stages, reaching the routine regime in twenty-one months. Nine of the twelve indicators are fed by information systems that the ANSP maintains independently of the model under Regulation (EU) 2017/373 and the Aviation Rules of Ukraine [1; 2]. Three indicators require new means: recording of sleep duration, access to a biomathematical model, a maturity self-assessment protocol. The model needs no dedicated organisational unit.

Regulation (EU) 2019/317 measures safety management effectiveness by a single maturity indicator [14]. The model gives a higher resolution in the fatigue domain specifically. What sets it apart from the eight-family IATA list of metrics is the indicator passports, the criterion levels with a statistical basis, the established weights and the mutual control rules, which turn a set of metrics into a measurement system with a single overall score [11]. The limitations are to be stated explicitly. The numerical values of the weights and of the initial criterion levels are authorial judgements, not results of measurement: no array of actual indicator values over consecutive reporting periods was accessible while the work was carried out, so calibration is assigned to the baseline stage of implementation. The index does not replace occurrence investigation. Neither does it measure the fatigue of an individual controller in real time.

The methodological foundations and the structure of the model have been generalised. It combines four components: a balanced system of documented indicators, a four-level weighting hierarchy, a composite index with a calculation

algorithm and a monitoring dashboard with a four-stage implementation procedure. Criterion levels and weights are to be calibrated against the actual data of the national provider, and the predictive capacity of the index with respect to fatigue-related occurrences is to be assessed statistically on multi-year observation series. The agreement of the composite score with the findings of internal FRMS audits also requires verification. Hence the model is ready for trial verification, while its numerical parameters remain open.

References

1. State Aviation Administration of Ukraine. (2021). On approval of the Aviation Rules of Ukraine «Requirements for air navigation service providers, flight procedure design service providers, aeronautical data providers and for the system of their certification and oversight» (Order No. 700 of 30 April 2021, as amended on 9 April 2025). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0991-21
2. Commission Implementing Regulation (EU) 2017/373 of 1 March 2017 laying down common requirements for providers of air traffic management / air navigation services and other air traffic management network functions and their oversight. (2017). Official Journal of the European Union, L 62 (8.03.2017), 1–126.
3. International Civil Aviation Organization. (2016). Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches (Doc 9966, 2nd ed.).
4. International Civil Aviation Organization. (2018). Safety Management Manual (Doc 9859, 4th ed., advance unedited).
5. European Union Aviation Safety Agency. (2024). Study on the Analysis, Prevention and Management of Air Traffic Controller Fatigue: Final Report D-4.C.1.
6. Sprajcer, M., Thomas, M. J. W., Sargent, C., Crowther, M. E., Boivin, D. B., Wong, I. S., Smiley, A., & Dawson, D. (2022). How effective are fatigue risk management systems (FRMS)? A review. Accident Analysis and Prevention, 165, 106398. https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106398
7. Palonyi, A. S., & Haslenko, A. S. (2026). Analysis of the effectiveness of air traffic controller fatigue risk management systems of European air navigation service providers. In Aviation and Cosmonautics: Directions of Innovative Development: Proceedings of the XLIII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference (pp. 215–217). USFA.
8. Civil Air Navigation Services Organisation. (2018). Safety Evolution Guide: Fatigue-Related Risk.
9. Hopkins, A. (2009). Thinking about process safety indicators. Safety Science, 47(4), 460–465. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2007.12.006
10. Reiman, T., & Pietikäinen, E. (2012). Leading indicators of system safety – Monitoring and driving the organizational safety potential. Safety Science, 50(10), 1993–2000. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.07.015
11. International Air Transport Association. (2014). Fatigue Safety Performance Indicators (SPIs): A Key Component of Proactive Fatigue Hazard Identification (Edition One).

12. OECD, European Commission, & Joint Research Centre. (2008). Handbook on Constructing Composite Indicators. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264043466-en
13. Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, 1(1), 83–98. https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590
14. Commission Implementing Regulation (EU) 2019/317 of 11 February 2019 laying down a performance and charging scheme in the single European sky. (2019). Official Journal of the European Union, L 56, 1–67.

SECTION: BIOLOGY AND BIOCHEMISTRY

TRANSGENICS AND BIOSAFETY OF GMOS: PERSPECTIVES ON ABIOTIC STRESS TOLERANCE AND GENOME EDITING

Asadova Basti Goshun
Azerbaijan State Pedagogical University (ASPU)

Abstract

One of the most pressing directions in modern biology and biotechnology is ensuring the biosafety of transgenic plants and genetically modified organisms (GMOs). This study analyzes the core principles of GMO technologies, international safety assessment systems, molecular response mechanisms of plants to abiotic stress, and the role of the CRISPR-Cas9 genome editing system in agriculture.

Global climate change significantly reduces agricultural productivity due to drought and other abiotic stress factors. For instance, severe drought affecting global arable lands directly threatens food security. While traditional breeding methods require 10–15 years to develop new resilient varieties, genetic engineering reduces this timeframe to 3–5 years using recombinant DNA techniques. Currently, the most widely modified commercial crops are soybeans (94%), cotton (96%), and maize (92%). The global acceptance of GMOs and transgenic plants relies on stringent regulatory mechanisms. The CODEX CAC/GL 45-2003 guidelines, adopted by the World Health Organization (WHO), FAO, and OECD, serve as the primary international standard in this field. Safety evaluation is conducted based on the principle of "substantial equivalence" across six key dimensions: direct health effects, allergenicity, specific components, gene stability, nutritional effects, and unintended consequences.The integration of transgenic plants into the agroecosystem requires environmental risk assessments covering five main areas: invasiveness, weediness characteristics, persistence, gene flow, and effects on non-target organisms. Major potential ecological threats include the evolution of resistant pests and weeds driven by strong selective pressure (the "superbugs" and "superweeds" phenomenon), the transfer of resistance genes to wild crop relatives (gene flow), and the negative biological impacts of Bt-toxins on beneficial predatory insects and soil microbiomes.

Plants respond to extreme conditions such as drought, cold, and heat through complex gene expression and transcription factors. Among stress-induced genes, LEA proteins protect cells from dehydration, RD29 responds to drought, cold, and the hormone abscisic acid (ABA), HSP ensures proper protein folding during heat stress, and GolS regulates the synthesis of the raffinose family oligosaccharides. In these processes, DREB1/CBF (cold response), DREB2 (drought/heat), AREB/ABF (ABA response), and SnRK2 protein kinases perform critical signaling functions. The OSCA1 gene regulates intracellular calcium increase under hyperosmotic conditions. During water deficit, proline accumulation is the most vital biochemical indicator for

maintaining cellular homeostasis, osmotic pressure, and redox balance. Additionally, Raffinose Family Oligosaccharides (RFOs), Branched-Chain Amino Acids (BCAAs), and \(\gamma \)-aminobutyric acid (GABA) serve membrane-protective functions.

CRISPR-Cas9 technology enables the modification of specific genomic regions with high precision and multiplex editing capabilities without introducing foreign DNA (DNA-free editing). Concrete examples of genetic manipulation include increasing drought tolerance in wheat by editing the *TaSal1* gene family, deleting (knocking out) the *4CL* and *RVE7* genes in peas, and strengthening stress resilience in potatoes by editing the *CBP80* gene.

Genetic engineering and molecular biology methods are indispensable tools for ensuring global food security. Thirty years of regulatory experience demonstrate that GMO products that pass science-based evaluations are safe. The main priority for future research is combining different genes into a single organism (gene pyramiding) against complex climate stresses and improving DNA-free CRISPR methods.

References

1. Yusifova, A., Asadova, B., & Aslanova, S. (2025). Evaluation of Phytopathogenic Fungi According to the Degree of Danger. Advanced Studies in Biology, 17(1), 27-36.
2. Асадова, Б. Г. (2020). Роль фермента глюкозы-6-фосфатдегидрогеназы в адаптации растений к соленым условиям. Spirit Time, (1-1), 6-9.
3. Huseynova, N., & Asadova, B. (2024). Study of the Genome Diversity of Cornus L. and Mespilus L. Cultivated in the Northern Regions of Azerbaijan.
4. Basti, A., & Aslanova, F. (2024). The Relative Dormancy of Newly İntroduced Peach Cultivars Charac-Teristic. Annali d'Italia №, 60(10).
5. Yusifova, A., Aslanova, S., & Asadova, B. (2024). Mycology of Fodder Plants in Different Areas of Azerbaijan the Results of Studies Devoted to the Evaluation. Бюллетень науки и практики, 10(10), 49-54.
6. Basti, A. (2022). The effect of salt solutions on the DMDH enzyme activity in the Hordeum vulgare primary incubation. Бюллетень науки и практики, 8(10), 96-100.
7. Asadova, B. G. (2020). Infuence of short-period incubation of barley sprouts at Na-isocationied soil solutions to the activity of DMDH ferment. Int J Botany Stud, 5(5), 73-76.
8. Юсифова, А. А., Алекберова, С. А., & Асадова, Б. Г. (2020). Статистические показатели пациентов с большой и промежуточной β-талассемией в разных регионах Азербайджана. Бюллетень науки и практики, 6(11), 242-247.
9. Qoshun, A. B. (2024). Changes İn The Activity Dynamics of Nadph Synthesis İn Chickpea Seedlings Under Salt Stress Conditions. German International Journal of Modern Science/Deutsche Internationale Zeitschrift für Zeitgenössische Wissenschaft, (82).
10. Asadova, B. (2023). Механизм устойчивости растений гороха к Na2SO4. Bulletin of Science and Practice, 9(2).
11. Basti, A. (2023). Effects Of Nacl Salt Stress on Biometric Parameters in Pisum Varieties. Бюллетень науки и практики, 9(4), 125-130.
12. Yusifova, A., Asadova, B., & Aslanova, S. (2024). Species Composition and Resources of Cultivated and Wild Forage Plants in Azerbaijan. German International Journal of Modern Science/Deutsche Internationale Zeitschrift für Zeitgenössische Wissenschaft, (84).

Collection of Scientific Papers
with Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference
«Progressive Approaches in Science and Engineering»
September 9-11, 2026
Copenhagen, Denmark

Organizing committee may not agree with the authors' point of view.
Authors are responsible for the correctness of the papers' text.

Contact details of the organizing committee:
Individual Entrepreneur Viktoriia Tsiundyk
E-mail: info@isu-conference.com
URL: https://isu-conference.com/

Certificate of the subject of the publishing business: ДК №7980 of 03.11.2023.

ISU
INTERNATIONAL SCIENTIFIC UNITY