EUROPEAN OPEN SCIENCE SPACE

COLLECTION OF SCIENTIFIC PAPERS

5th International Scientific and Practical Conference

MODERN PROBLEMS OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ISSUE №108

eoss-conf.com

October 5-7, 2026
Tallinn, Estonia



EUROPEAN OPEN SCIENCE SPACE

Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference

"Modern Problems of Science and Technology"

October 5-7, 2026

Tallinn, Estonia

Collection of Scientific Papers

Estonia, 2026

UDC 01.1

Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference «Modern Problems of Science and Technology» (October 5-7, 2026, Tallinn, Estonia). European Open Science Space. 2026/

ISBN 979-8-89704-951-6 (series)
DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026

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

The conference is registered in the database of scientific and technical events of UkrISTEI to be held on the territory of Ukraine (Certificate №562 dated 28.07.2026).

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

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

ISBN 979-8-89704-951-6

EUROPEAN OPEN SCIENCE SPACE

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

CONTENT

Section: Accounting and Taxation

Сейсебаєва Н., Графська Д.
РЕЙТИНГОВІ АГЕНТСТВА (SUSTAINALYTICS, MSCI): МЕТОДОЛОГІЯ ПРИСВОЄННЯ ESG-РЕЙТИНГІВ……... 13

Боденчук П, Гергі А.
ЕЛЕКТРОННИЙ ДОКУМЕНТООБІГ У СИСТЕМІ ОБЛІКОВО-ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА……... 17

Проскуріна Н.М., Варламова І.С., Йожикова І.В.
ЕКОНОМІКО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ОНОВЛЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ ПІДПРИЄМСТВА…….. 22

Section: Agricultural Sciences

Барановська С., Люта І.
МІКОРИЗНІ ГРИБИ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР…….. 27

Section: Architecture and Construction

Осадча Т., Бугор Х.
ЗБЕРЕЖЕННЯ АРХІТЕКТУРНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ ІСТОРИЧНИХ МІСТ: ДОСВІД НІМЕЧЧИНИ……. 32

Шарлай О.
СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ІНДУСТРІАЛЬНОЇ СПАДЩИНИ ПРИ ВИБОРІ РАКТИКИ РЕКОНСТРУКЦІЇ…… 38

Section: Art History and Literature

Яланський А.В.
АСИМЕТРІЯ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ ВИМОГ У ПІДГОТОВЦІ ДОКТОРА МИСТЕЦТВА…… 42

Зорко А.Є., Титенко О.М.
ПОДОРОЖНІЙ ЕТЮД І ХУДОЖНЯ ПАМ'ЯТЬ: ТРАНСФОРМАЦІЯ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВРАЖЕННЯ У ЗАВЕРШЕНИЙ ОБРАЗ……. 45

Вінтаєв Ю.М.
ФЕНОМЕН АКВАРЕЛІ В ПРОСТОРІ ОБРАЗОТВОРЧОГО МИСТЕЦТВА: ІСТОРИЧНИЙ ДИСКУРС ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ 48

Section: Automation and Robotics

Суботін О., Новіков Д., Новікова Н., Пасько М.М.
БІОНІЧНІ ЕКЗОСКЕЛЕТИ: КОНСТРУКЦІЯ, ПРИНЦИП ДІЇ ТА СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ……. 53

Zamikhovska O., Romaniuk A.
CURRENT STATE OF AUTOMATION OF MULTI-STAGE PROCESS WATER TREATMENT……. 58

Section: Ecology and environmental protection

Balakhanova G.V.
SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR DEVELOPING ECOLOGICAL CONCEPTS IN BIOLOGY EDUCATION……. 67

Balakhanova G.V.
BIODIVERSITY INDICATORS AND ECOLOGICAL INDICES AS TOOLS FOR ECOSYSTEM HEALTH ASSESSMENT…….. 84

Section: Economy

Іванюк А., Вербицька В.
ЕВОЛЮЦІЯ ГРОШЕЙ: ВІД МЕТАЛЕВИХ МОНЕТ ДО ЦИФРОВИХ ВАЛЮТ……. 101

Chernykhivska A.
STRATEGIC RECRUITMENT IN RESPONSE TO STRUCTURAL LABOUR SHORTAGES…….. 104

Hlavatskyi A.
DETERMINANTS OF PRICING STRATEGIES IN INDEPENDENT PREMIUM JEWELRY REPAIR WORKSHOPS……. 107

Darushin O.
ADAPTING THE MULTIMODAL TRANSPORT LOGISTICS SYSTEM INVOLVING SEA & RIVER PORTS TO SECURITY THREATS…… 111

Section: Food Technologies

Сергєєва О., Лола В.
3D-ДРУК У ХАРЧОВІЙ ІНДУСТРІЇ: ВІД ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ХАРЧУВАННЯ ДО ГАСТРОНОМІЧНОГО ДИЗАЙНУ……. 115

Ковальова О., Ганзій М.
ФІТОКОМПОНЕНТИ ЯК ІННОВАЦІЙНА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АРОМАТИЗОВАНОГО ПИВА…… 117

Section: Information Technology, Cyber Security and Computer Engineering

Урлапова М., Іванов Ю., Борисюк Д., Кривогубченко С.
НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ…….. 120

İbrahimov F.N., Cəbrayılova N.B.
MÜASİR ÜMUMİ TƏHSİLİN HƏYATA KEÇİRİLMƏSİNİN TƏŞKİL VƏ İDARƏ OLUNMASI YOLUNUN NƏZƏRİ VƏTEXNOLOJİ ASPEKTLƏRİ……... 123

İbrahimov F.N., Cəbrayılova N.B.
MÜASİR ÜMUMİ TƏHSİLİN HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ PROSESİNİN KEYFİYYƏTİNİN ARTIRILMASI YOLUNUN “FUNKSİYA” ANLAYIŞI ƏSASINDA İNTERPRETASİYASI……. 137

Оксамитна Л.
ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ СУЧАСНОЇ ОСВІТНЬОЇ МОДЕЛІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДГОТОВКИ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ ІТ-ФАХІВЦІВ……. 150

Palamarchuk M., Bevz O., Martynenko M., Kozuliak I., Maltsev V.V.
GRAPH MODELING OF COMMUNICATION SYSTEMS RESILIENCE TO COMPLEX DOS ATTACKS…….. 152

Кришталь Є.Є., Левандович О.В., Лучик С.Д.
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У ЗАВДАННЯХ СТРУКТУРУВАННЯ OSINT-ПРОФІЛІВ ДЛЯ ПОТРЕБ ОПЕРАТИВНИХ ПІДРОЗДІЛІВ……... 156

Kalashnyk V., Astistova T.
API TESTING IN POSTMAN AS AN INTERMEDIATE LEVEL BETWEEN UNIT AND E2E TESTING IN A SOFTWARE TESTING COURSE…… 159

Перкатий І., Сунко А., Процків А., Тімій Б., Островерхий В.
АРХІТЕКТУРА МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ DEEPFAKE-АТАК У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЦІЛЬОВОГО ФІШИНГУ В КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖАХ…… 164

Kryshtal Y., Lehostaieva P., Kurinnyi I., Serdukov N., Maltsev V.V.
COMPARATIVE ANALYSIS OF PERFORMANCE AND HARDWARE LIMITATIONS IN GPU ACCELERATION FOR CRYPTANALYSIS OF HASH FUNCTIONS…….. 166

Samanarov B., Safoboev N.
METHOD FOR BRINGING ASYNCHRONOUS CARDIOTOCOGRAPHIC DATA STREAMS INTO A UNIFIED FORM. 170

Deriabin I., Nasikovskyi V., Shestakov V., Ilchuk D., Maltsev V.V.
HARDWARE MODELING OF NETWORK PHYSICAL LAYER VULNERABILITIES AND THE IMPACT OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE ON DATA TRANSMISSION……. 178

Section: Jurisprudence

Шиловська Г.І., Д'яковський Г.Л.
ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДАННЯ КЛОПОТАННЯ ПРО ПРОДОВЖЕННЯ СТРОКУ ДОСУДОВОГО РОЗСЛІДУВАННЯ У КРИМІНАЛЬНОМУ ПРОВАДЖЕННІ: ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА……. 182

Сирота О.
ЗАСТОСУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ ОЦІНКИ (IVS) ЕКСПЕРТОМ-ТОВАРОЗНАВЦЕМ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ РИНКОВОЇ ВАРТОСТІ ТОВАРІВ: СКЛАДНОСТІ, НЕВІДПОВІДНОСТІ ТА ШЛЯХИ УСУНЕННЯ ПРОБЛЕМ……. 185

Антонюк У.
УПРАВЛІННЯ У ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ В УКРАЇНІ: ОКРЕМІ АСПЕКТИ……. 195

Section: Logistics and Transport

Щербина О.В., Терновський В.Б., Котенко О.В.
ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ БЕЗПЕКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МОРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ……... 199

Орловська О.
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ABC- ТА XYZ-АНАЛІЗУ В УПРАВЛІННІ ЗАПАСНИМИ ЧАСТИНАМИ ПІД ЧАС РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ…… 203

Щербина О.В., Мельник О.М.
ФОРМУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАЛОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МОРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ…… 207

Section: Management, Public Administration and Administration

Литвишко Л.О., Височило І.В.
ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ ВИКЛИКІВ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МІЖНАРОДНИХ МОДЕЛЕЙ ТА СТРАТЕГІЧНІ ОРІЄНТИРИ ДЛЯ УКРАЇНИ……... 212

Бенедига Т.
УДОСКОНАЛЕННЯ КОМУНІКАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ (на прикладі Тернопільської обласної ради) …… 217

Пухкал О., Лосенко О.
ПРОБЛЕМИ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ У ЗАБЕЗПЕЧЕНІ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД….. 218

Gurina G., Podrieza M.
TRANSFORMATION OF ENTERPRISE ORGANIZATIONAL CULTURE UNDER TURBULENCE THROUGH THE INTEGRATION OF SOCIAL RESPONSIBILITY INSURANCE INSTRUMENTS……. 222

Section: Marketing and Advertising

Тельнов А.С., Литвинюк О.
НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ІНФЛЮЕНС-МАРКЕТИНГУ: ВІД ОХОПЛЕННЯ ДО ЕКОНОМІЧНОГО РЕЗУЛЬТАТУ……. 224

Дюк О.М.
МІСЦЕ ЦИФРОВИХ МАРКЕТИНГОВИХ КОМУНІКАЦІЙ У СИСТЕМІ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ…. 228

Section: Mechanics and Electrical Engineering

Horbatyuk M.
INTELLIGENT AUTOMATION SYSTEMS FOR MODERN CONSTRUCTION MACHINERY AND CRANE COMPLEXES……... 232

Section: Medicine

Ткач А.А., Короп А.М., Чирва Т.В., Сікун Д.А.
ІМУНОГІСТОХІМІЧНІ ТА МОЛЕКУЛЯРНІ МАРКЕРИ (CD30, PD-1/PD-L1) ЯК ОСНОВА ПЕРСОНАЛІЗОВАНОЇ ТЕРАПІЇ ЛІМФОМИ ХОДЖКІНА……. 236

Chernikova H.
DIGITAL HISTOLOGY AND WHOLE-SLIDE IMAGING (WSI)…… 238

Власенко К.А., Костюк Є.В., Кочнєва О.В.
РОЛЬ МІКРОБІОМУ ПУХЛИН У ПРОГРЕСУВАННІ РАКУ ТА ВІДПОВІДІ НА ЛІКУВАННЯ…… 242

Вакуленко А.І., В`юн С.В.
КАТЕТЕРНІ ОПЕРАЦІЇ ПРИ ЛІКУВАННІ КЛАПАННИХ ВАД СЕРЦЯ В СУЧАСНІЙ ХІРУРГІЇ…… 245

Сергієнко Г.В., Візир М.О.
СУЧАСНІ МЕТОДИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТРЕС-ТЕСТУВАННЯ В ДІАГНОСТИЦІ ХРОНІЧНОГО КОРОНАРНОГО СИНДРОМУ…… 247

Єскін О.Р., Юсіфов М.Р.
ІНСУЛЬТ У МОЛОДОМУ ВІЦІ: ОСНОВНІ ПРИЧИНИ, ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОФІЛАКТИКИ……... 250

Юсіфов М.Р., Шейніна Д.М., Світлична Ю.В.
ФАКТОРИ РИЗИКУ РОЗВИТКУ ГОСТРОГО СЕРЕДНЬОГО ОТИТУ У ДІТЕЙ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ У ПРОФІЛАКТИЦІ ЗАХВОРЮВАННЯ. 254

Пилипенко О., Баган А.
ЗМІНИ БІОХІМІЧНОГО СКЛАДУ СЛИНИ ПРИ ЦУКРОВОМУ ДІАБЕТІ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА СТАН ПАРОДОНТА…….. 257

Tondiy O., Zavalna O., Florikian V., Sukhonosova O.
CHARACTERISTICS OF HEADACHE IN INDIVIDUALS WHO SUSTAINED A MILD CLOSED TRAUMATIC BRAIN INJURY CAUSED BY A COMBAT-RELATED BLAST…….. 259

Pikas O.B.
LIPIDY I ICH METABOLIZM U OSOB PALACYCH…….. 263

Chernikova H.
COMPUTER MORPHOMETRY IN HISTOLOGICAL RESEARCH……. 266

Kosichenko A.
INTEGRATING THE KOSICHENKO ONCOLOGY BARRIER INDEX (K-OBI) INTO SIMULATION-BASED COSMETOLOGY EDUCATION: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR PROFESSIONAL BOUNDARIES…… 269

Pikas P.B.
PATIENTS WITH INTESTINAL POLYPS AND THEIR LIPID METABOLISM……. 275

Ксьонз О.С., Котелюх М.Ю.
ЛЮПУС-НЕФРИТ ЯК ПРОЯВ СИСТЕМНОГО ЧЕРВОНОГО ВОВЧАКА: ФАКТОРИ РИЗИКУ, ДІАГНОСТИКА ТА ПРОГНОЗ….. 277

Жуманова С.С., Касымбекова З.А., Олжабекова Б.А.
РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАННЕГО РАЗВИТИЯ ПРЕЭКЛАМПСИИ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И МЕТААНАЛИЗ…… 281

Section: Military affairs and national security

Манжос О., Волошинський О.
ПОСЛІДОВНІСТЬ ДІЙ ПІДРОЗДІЛІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ У РАЗІ ВИЯВЛЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАРАЖЕННЯ….. 288

Section: Pedagogy, Philology and Linguistics

Гончарук О.В., Лівочко І.М.
ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНИХ ІНТЕРЕСІВ МОЛОДШИХ ШКОЛЯРІВ ЗАСОБАМИ ПРОБЛЕМНОГО НАВЧАННЯ…….. 293

Павлусенко О., Янчук А.
ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АНГЛОМОВНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕРМІНОЛОГІЇ В КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАТИВНОЇ СУМІСНОСТІ ЗІ СТАНДАРТАМИ НАТО…….. 300

Balo H.
AUTHENTIC VIDEO MATERIALS IN GERMAN LANGUAGE LESSONS AS A RESOURCE FOR DEVELOPING UPPER SECONDARY STUDENTS' INTERCULTURAL COMPETENCE…….. 302

Строкаль О.
ТОПОПОЕТИКА ПРЕФІКСА НАД- ЯК ЕКСПЛІКАНТА КОНЦЕПТУ СУЧАСНІСТЬ У МОВНІЙ КАРТИНІ СВІТУ ПОЕЗІЇ «ДИКУНИ» О. ДОВГОГО……. 305

Решетар О.
ДИСКУРСИВНЕ КОНСТРУЮВАННЯ ПОПУЛІЗМУ: ЛІНГВІСТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАРУБІЖНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ……... 308

Гриник І.Т., Савченко О.О.
ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОЗВИТОК ПИСЬМОВОЇ ТА ЦИФРОВОЇ АНГЛОМОВНОЇ КОМУНІКАТИВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ…… 311

Білаш О., Сорокатий М., Терещук О., Нагорний М.
КОМПЕТЕНТНІСНО ОРІЄНТОВАНЕ НАВЧАННЯ У СИСТЕМІ СУЧАСНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ ОСВІТИ…….. 316

Section: Philosophy

Воловод А.М., Воронянський О.В.
ЧОРНОЗЕМ ЯК СУБ'ЄКТ ПОЛІТИКИ: ПРОБЛЕМА ПРЕДСТАВНИЦТВА ҐРУНТУ В ПОВОЄННОМУ ПОЛІТИЧНОМУ ПОРЯДКУ УКРАЇНИ…….. 319

Section: Physical and mathematical sciences

Vidmachenko A.P.
THE ROLE OF CRYOVOLCANISM IN THE FORMATION OF THE SURFACE OF NEPTUNE'S MOON TRITON. ……... 326

Section: Physical Culture and Sports

Marku G.
THE IMPACT OF SPORTS STATISTICS ON PERFORMANCE MANAGEMENT……... 338

Section: Politics and Sociology

Пономаренко Т., Шишова О.
СТРАТЕГІЧНА РОЛЬ ГЕНДЕРНОГО ПАРИТЕТУ В АРХІТЕКТУРІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ…… 344

Section: Psychology

Корінець А.
ПСИХОЛОГІЧНІ УМОВИ УСПІШНОЇ СОЦІАЛІЗАЦІЇ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ПІСЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОМУ ЗАКЛАДІ…….. 349

Білинська Н., Спринська З.
АРТТЕХНІКИ ЯК ЗАСІБ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ДІТЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ…….. 351

Косенко Н., Левашова Ю., Левашова П., Карасьова М.
ПСИХОЛОГІЧНІ УМОВИ РЕАЛІЗАЦІЇ КРЕАТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ОСОБИСТОСТІ З УРАХУВАННЯМ ТИПОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕМПЕРАМЕНТУ……. 355

Пархоменко К.В., Булатевич Н.М.
ПОСТТРАВМАТИЧНЕ ЗРОСТАННЯ УКРАЇНСЬКОЇ МОЛОДІ В УМОВАХ ВІЙНИ……. 359

Section: Technical Sciences

Глазєва О.В., Велика О.І.
КАЙТ-ВІТРИЛА – РЕЗЕРВИ ДОСКОНАЛОСТІ……. 363

Вишневська Н., Олійник Д.
РОЗВИТОК ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ У ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ВОДІЇВ……. 371

Гнатенко Н., Вишневська Н.
ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ І VR-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРАКТИЧНОМУ НАВЧАННІ ВОДІННЮ АВТОМОБІЛЯ…….. 374

Кирисов І., Лосенко Є.
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОШКОДЖЕНЬ ПОВЕРХНІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ…… 377

Кирисов І., Олійников П., Ліхван В.
ДІАГНОСТИКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ… 379

Section: Veterinary Medicine

Яценко І., Козакова Н.
«ДЕРЕВО ЕКСПЕРТНИХ РІШЕНЬ» ЯК ІНСТРУМЕНТ АЛГОРИТМІЗАЦІЇ СУДОВО-ЕКСПЕРТНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ІКРИ РИБ…….. 383

Бричук С., Люта І.
БІОБЕЗПЕКА ТА БІОЗАХИСТ У ВЕТЕРИНАРНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ…….. 389

Section: Accounting and Taxation

РЕЙТИНГОВІ АГЕНТСТВА (SUSTAINALYTICS, MSCI): МЕТОДОЛОГІЯ ПРИСВОЄННЯ ESG-РЕЙТИНГІВ

Сейсебаєва Наталія
к.е.н., доцент
Графська Діана
магістр
Кафедра обліку та оподаткування
Запорізький національний університет, Україна

Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується посиленням уваги до питань сталого розвитку, відповідального інвестування та підвищення прозорості діяльності компаній. Концепція відповідального інвестування передбачає врахування екологічних, соціальних та управлінських факторів під час прийняття інвестиційних рішень, що сприяє довгостроковій стійкості фінансових ринків [1; 2]. Інвестори дедалі частіше оцінюють бізнес не лише за фінансовими результатами, а й за нефінансовими характеристиками, що відповідає глобальним тенденціям розвитку сталого фінансування та інтеграції ESG-принципів [6; 7]. У цьому контексті особливого значення набувають ESG-рейтинги, які виступають інструментом комплексної оцінки нефінансових загроз і рівня корпоративної соціальної відповідальності підприємств. ESG-оцінювання дозволяє визначити здатність компанії управляти ризиками сталого розвитку та формувати довгострокову вартість бізнесу [12]. В Україні розвиток ESG-підходів підтримується державними інституціями, зокрема через впровадження механізмів сталого фінансування та підвищення прозорості корпоративної звітності [5; 6; 8].

Зміст ESG полягає у врахуванні впливу діяльності підприємства на довкілля, суспільство та ефективність управлінських процесів, а ESG-рейтинг являє собою інтегральну оцінку результативності керування відповідними ризиками та можливостями сталого розвитку. На відміну від кредитного рейтингу, ESG-оцінка характеризує довгострокову стійкість бізнес-моделі та рівень нефінансових загроз, що дедалі частіше використовується інвесторами як критерій прийняття стратегічних рішень [1; 11]. Серед провідних міжнародних агентств ESG-оцінювання ключову роль відіграють Sustainalytics та MSCI, дослідження яких широко застосовуються інституційними інвесторами, фондами сталого розвитку та фінансовими установами [3; 4]. Дані агентства формують аналітичні бази ESG-даних, що дозволяють здійснювати порівняльний аналіз компаній і визначати їхню інвестиційну привабливість у контексті сталого розвитку [3].

Методологія Sustainalytics базується на концепції ESG Risk Rating, яка орієнтована на визначення рівня нефінансових ризиків компанії. Основою оцінювання є аналіз суттєвих ESG-факторів, рівня впливу загроз та ефективності системи їх управління. Підсумковий рейтинг відображає залишковий ризик після впровадження управлінських практик, що визначає категорію ризику компанії [4]. Для оцінювання використовуються корпоративна звітність, відкриті інформаційні ресурси та аналітичні ESG-дані.

Методологія MSCI ESG Ratings орієнтована на визначення відносної позиції компанії серед галузевих конкурентів. Оцінювання здійснюється на основі ключових ESG-факторів, фінансової матеріальності небезпек та здатності компанії ефективно ними керувати. Результатом є рейтингова шкала від «AAA» до «CCC», яка відображає рівень стійкості бізнесу порівняно з аналогічними компаніями [3].

Порівняльний аналіз методологій (табл.1) свідчить, що Sustainalytics концентрується на вимірюванні рівня ESG-ризику, тоді як MSCI використовує підхід відносної результативності. Дослідження розбіжностей ESG-рейтингів підтверджують, що різні методології можуть призводити до суттєво відмінних результатів оцінювання одних і тих самих компаній, що створює проблему їх зіставності [11].

Таблиця 1. Порівняння методологій присвоєння ESG-рейтингів MSCI та Sustainalytics

Критерій порівняння	MSCI ESG Ratings	Sustainalytics ESG Risk Rating
Основна логіка оцінювання	Відносна ефективність компанії порівняно з галузевими конкурентами	Оцінювання рівня нефінансового ESG-ризику
Методологічний підхід	Best-in-class approach («передовий підхід»)	Risk-based approach («Ризик-орієнтований підхід»)
Ключовий об’єкт аналізу	Здатність компанії створювати довгострокову вартість з урахуванням ESG-факторів	Ступінь впливу ESG-ризиків на діяльність компанії
Принцип оцінювання	Порівняльний галузевий аналіз (peer comparison)	Аналіз Exposure та Management
Основні фактори оцінювання	Галузево релевантні ESG Key Issues	Суттєві ESG-ризики та якість управління ними
Формування результату	Визначення позиції компанії серед аналогічних підприємств	Визначення залишкового ESG-ризику
Шкала рейтингу	AAA - CCC	Числовий бал ризику (0-100)
Інтерпретація рейтингу	Від лідера до аутсайдера галузі	Від низького до критичного рівня ризику
Основне призначення для інвесторів	Вибір найкращих компаній у секторі	Оцінювання рівня ризику інвестування
Управлінський фокус	Стратегічна стійкість та конкурентна позиція	Управління ризиками сталого розвитку

Виявлені відмінності методологічних підходів зумовлюють можливість отримання різних ESG-оцінок для однієї й тієї самої компанії. Причинами такої розбіжності є відмінності у визначенні суттєвих ESG-факторів, способах їх вимірювання, системах зважування показників, використаних джерелах інформації та підходах до врахування галузевої специфіки. Зокрема, орієнтація MSCI на відносну позицію підприємства передбачає оцінювання його результативності порівняно з галузевими конкурентами, тоді як Sustainalytics зосереджується на визначенні рівня залишкового ESG-ризику після врахування ефективності управління ним. Таким чином, однакові характеристики діяльності підприємства можуть отримувати різну вагу та інтерпретацію залежно від обраної рейтингової методології (рис. 1).

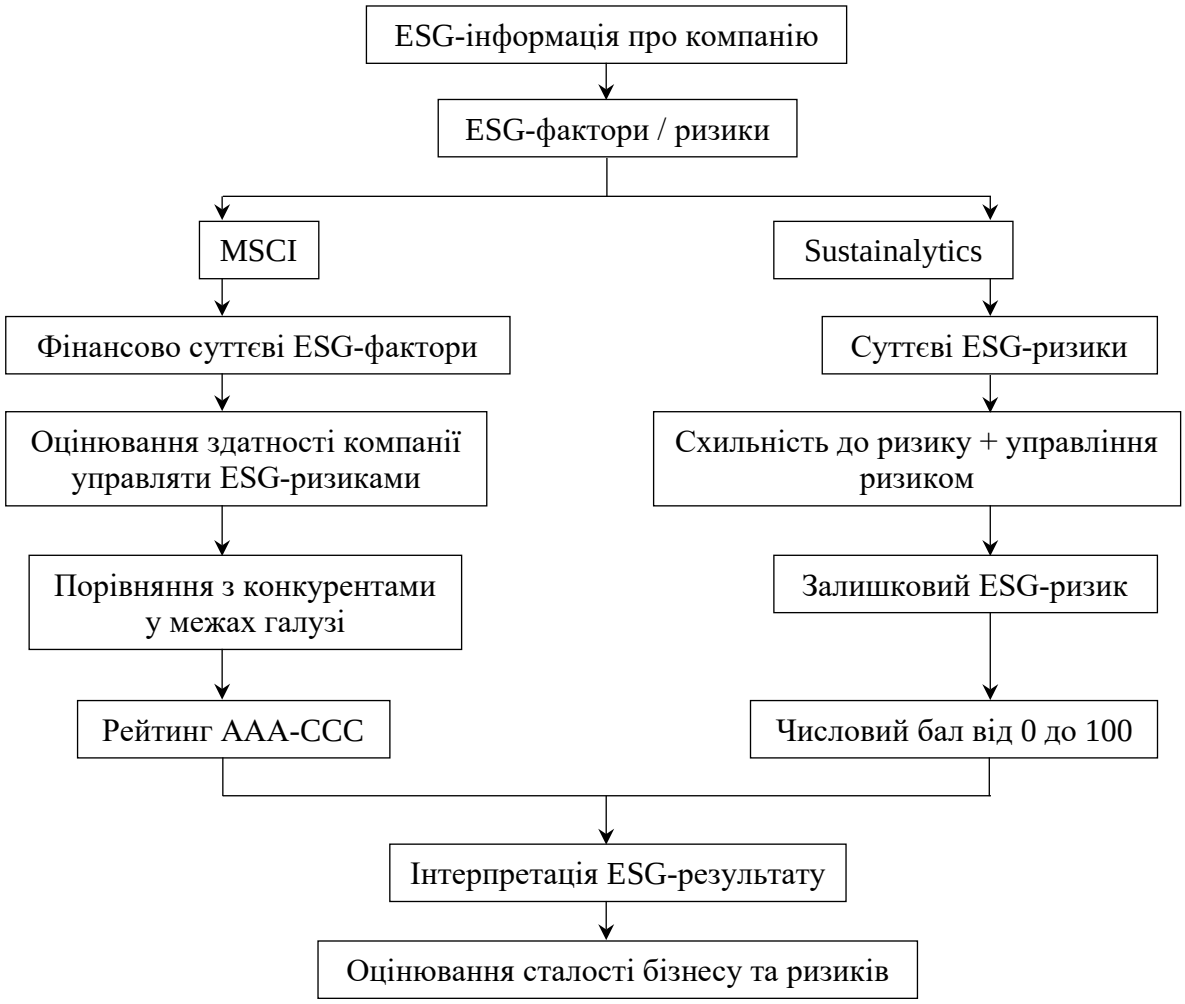


Рисунок 1. Порівняльна схема формування ESG-оцінки за методологіями MSCI та Sustainalytics
Джерело: складено автором на основі методологій MSCI та Sustainalytics.

Для інвесторів це означає необхідність критичного сприйняття ESG-рейтингів та врахування методології їх формування під час аналізу нефінансової інформації. Лише факт отримання певного рейтингового рівня не дає підстав для прямого порівняння результатів різних агентств без урахування їхніх

методологічних особливостей. Більш обґрунтованим є комплексний підхід, за якого ESG-рейтинг розглядається разом із розкриттям інформації про екологічні, соціальні та управлінські практики підприємства, його ризики та механізми управління ними.

ESG-рейтинги відіграють важливу роль у розвитку корпоративної соціальної відповідальності бізнесу, стимулюючи підвищення стандартів управління, екологічної відповідальності та соціальної політики компаній. Високий ESG-рейтинг сприяє залученню інвестицій, доступу до міжнародного фінансування та участі у проєктах відновлення економіки України [6; 7; 8; 10]. Крім того, інтеграція ESG-підходів розглядається як важливий інструмент досягнення Цілей сталого розвитку, визначених на національному рівні [9].

Отже, порівняльний аналіз доводить, що застосування відносного та ризик-орієнтованого підходів формує фундаментальні відмінності в підсумкових оцінках одних і тих самих компаній. Для мінімізації методологічних викривлень інвесторам та українським підприємствам у процесі залучення фінансування відбудови доцільно використовувати мультикритеріальний аналіз, який поєднує рейтинги різних агентств із безпосередньою оцінкою нефінансової звітності, що підкреслює необхідність поступової гармонізації національних практик ESG-розкриття з єдиними міжнародними стандартами сталого фінансування.

Список використаних джерел

1. Principles for Responsible Investment. What is responsible investment? URL: https://www.unpri.org/responsible-investment/intro-guides/what-is-responsible-investment (дата звернення: 28.09.2026).
2. Principles for Responsible Investment. What are the Principles for Responsible Investment? URL: https://www.unpri.org/about-PRI/what-principles-for-responsible-investment (дата звернення: 28.09.2026).
3. MSCI. ESG Ratings. URL: https://www.msci.com/data-and-analytics/sustainability-solutions/esg-ratings (дата звернення: 28.09.2026).
4. Sustainalytics. About ESG Risk Ratings. URL: https://www.sustainalytics.com/esg-data (дата звернення: 28.09.2026).
5. Національна комісія з цінних паперів та фондового ринку. Додаток з питань корпоративного управління і сталого розвитку до Кодексу корпоративного управління (Додаток з питань ESG). URL: https://www.nssmc.gov.ua/document/?id=31282119 (дата звернення: 28.09.2026).
6. Національна комісія з цінних паперів та фондового ринку. НКЦПФР бере активну участь у формуванні механізмів фінансування сталого розвитку ESG. URL: https://www.nssmc.gov.ua/nktspfr-bere-aktyvnu-uchast-u-formuvanni-mekhanizmiv-finansuvannia-staloho-rozvytku-esg/ (дата звернення: 28.09.2026).
7. Національна комісія з цінних паперів та фондового ринку. Дорожня карта розвитку сталого фінансування в Україні. URL: https://www.nssmc.gov.ua/wp-content/uploads/2025/03/dorozhnia-karta-staloho-finansuvannia.pdf (дата звернення: 29.09.2026).

8. Ярослав Шляхов: ESG-звітність – показник зрілості бізнесу та ключ до інвестицій у відбудову України. URL: https://www.nssmc.gov.ua/iaroslav-shliakhov-esg-zvitnist-pokaznyk-zrilosti-biznesu-ta-kliuch-do-investytsii-u-vidbudovu-ukrainy/ (дата звернення: 29.09.2026).
9. Міністерство економіки України. Цілі сталого розвитку України. URL: https://me.gov.ua/Documents/List?lang=uk-UA&id=938d9df1-5e8d-48c6-b7a1-4f3f1a4b1b2a&tag=TSiliStalogoRozvitku (дата звернення: 29.09.2026).
10. BDO Україна. ESG для NGO: Як сталий розвиток відкриває нові можливості для фінансування та партнерства. URL: https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2025/esg-for-ngos-how-sustainable-development-unlocks-new-funding-and-partnership-opportunities (дата звернення: 29.09.2026).
11. Berg F., Kölbel J., Rigobon R. Aggregate Confusion: The Divergence of ESG Ratings. Forthcoming Review of Finance. 2019. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3438533&__cf_chl_tk=k6aqoJBdRSPKivcvB6hhgRozXPkqiOFyv0Dyksr.GlA-1776099753-1.0.1.1-YO38Um.YX.MGJh2ZVfODuUxhNNk.VtWlUOKZjp2oeV4 (дата звернення: 29.09.2026).
12. Amel-Zadeh A., Serafeim G. Why and How Investors Use ESG Information : Evidence from a Global Survey. Financial Analysts Journal. Volume 74. Issue 3. P. 87-103. 2018. URL: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2925310 (дата звернення: 29.09.2026).

ЕЛЕКТРОННИЙ ДОКУМЕНТООБІГ У СИСТЕМІ ОБЛІКОВО-ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА

Боденчук Павло
викладач
Кафедра економіки та менеджменту
Придунайська філія ПрАТ «ВНЗ «МАУП», Україна
Гергі Андреєа
здобувачка вищої освіти
ПрАТ «ВНЗ «Міжрегіональна Академія управління персоналом»

Анотація. Досліджено електронний документообіг як складову цифрового облікового середовища підприємства. Обґрунтовано доцільність оцінювання ЕДО не лише через відмову від паперових носіїв, а через безперервність цифрового маршруту документа — від створення та підписання до відображення в обліковій системі й архівування. Порівняно функціональне позиціонування актуальних в Україні сервісів електронного документообігу та визначено організаційно-технологічні умови їх результативного використання.

Ключові слова: електронний документообіг, електронний документ, КЕП, цифровізація, первинні документи, електронний архів, інформаційна система.

Цифровізація господарської діяльності змінює не лише форму документа, а й логіку його руху в інформаційному середовищі підприємства. Електронний документ уже не варто розглядати як цифрову копію паперового носія: у сучасній інформаційній системі він є елементом наскрізного процесу, у межах якого дані створюються, перевіряються, погоджуються, підписуються, передаються, відображаються в обліку та зберігаються. За такого підходу електронний документообіг (ЕДО) виступає не окремим програмним інструментом, а складовою цифрової інфраструктури підприємства.

Правові засади створення, відправлення, передавання, одержання, зберігання, оброблення, використання та знищення електронних документів в Україні визначає Закон України «Про електронні документи та електронний документообіг» [8]. Питання електронної ідентифікації та застосування довірчих послуг регламентуються Законом України «Про електронну ідентифікацію та електронні довірчі послуги» [9]. Тому цифровізація документообігу має одночасно враховувати правову значущість документа, технологію його опрацювання та зв’язок із бухгалтерською інформаційною системою.

Метою дослідження є обґрунтування місця електронного документообігу в цифровому обліковому середовищі підприємства та визначення організаційно-технологічних умов його результативного впровадження.

Науково-практичний інтерес становить перехід від спрощеного трактування ЕДО як способу економії паперу до розуміння його як механізму інтеграції первинних документів, електронного підпису, облікових систем, взаємодії з контрагентами та електронного архіву.



Рисунок 1. Цифровий контур електронного документа на підприємстві
Джерело: розроблено автором на основі [1; 6; 8; 9].

Наведений контур показує, що система ЕДО виконує функцію сполучної ланки між учасниками господарської операції та інформаційними системами підприємства. Її практична цінність визначається здатністю забезпечити рух даних без повторного ручного введення, із фіксацією статусу документа, підписів і дій користувачів. Для бухгалтерського обліку це принципово: первинний документ не завершує операцію, а формує інформаційну підставу для її подальшого відображення в обліковій системі.

Український ринок електронного документообігу представлений рішеннями з різною функціональною спеціалізацією. Порівнювати їх коректніше не за рекламними твердженнями про «швидкість» чи «економію», а за місцем у документному та обліковому процесі: роботою з первинними документами,

електронним підписанням, інтеграцією з обліковими системами, можливістю електронного зберігання та характером взаємодії з контрагентами.

Таблиця 1. Функціональне позиціонування окремих систем електронного документообігу в Україні

Система / сервіс	Функціональний акцент	Первинні документи	Інтеграція	Місце в цифровому контурі
Вчасно.ЕДО [10]	хмарний ЕДО, погодження, підписання, архів	так	API; інтеграційні механізми	зовнішній і внутрішній документообіг
M.E.Doc [11]	ЕДО, первинні документи та регламентована звітність	так	інтеграційні модулі / сервіси	обліково-звітний контур
FREDO ДокМен [12]	обмін первинними документами між контрагентами	так	тісна інтеграція з BAS	ЕДО безпосередньо з облікового середовища
FlyDoc [13]	обмін юридично значущими первинними документами	так	інтеграція з BAS	первинні документи в обліковій системі
Paperless [14]	хмарний документообмін і підписання	так	інтеграційні можливості	зовнішній документообмін

Джерело: складено автором за офіційними матеріалами сервісів [10–14].

Порівняння засвідчує, що одна назва «система електронного документообігу» охоплює рішення з різною логікою. Вчасно.ЕДО тяжіє до хмарного обміну, погодження та організації роботи з документами; M.E.Doc поєднує документообіг із завданнями звітності; FREDO ДокМен і FlyDoc тісно пов’язують обмін первинними документами з BAS; Paperless орієнтований на хмарний документообмін. Тому вибір програмного рішення має починатися з аналізу документних потоків конкретного підприємства, а не з механічного зіставлення кількості функцій.

Важливо враховувати динамічність ринку цифрових сервісів. Наприклад, розробник СОТА повідомив про припинення роботи окремого сервісу СОТА.ЕДО з 1 жовтня 2026 р. із подальшим використанням функціональності в середовищі СОТА Звіт [15]. Така зміна є показовою: при виборі СЕД підприємству необхідно оцінювати не лише поточний набір функцій, а й життєвий цикл продукту, підтримку, можливість міграції даних та сумісність з іншими рішеннями.

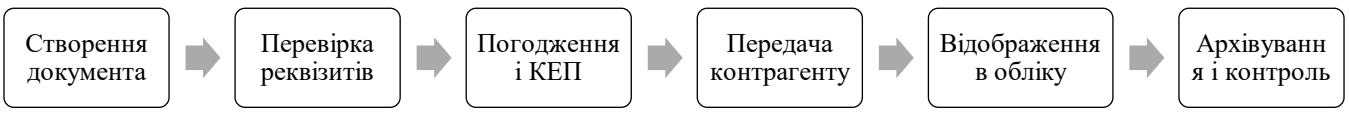


Рисунок 2. Життєвий цикл електронного документа в обліковому середовищі Підприємства
Джерело: розроблено автором.

Життєвий цикл електронного документа дає змогу визначити точки, у яких виникає реальний ефект цифровізації. Якщо документ створено в електронній

формі, але його реквізити надалі повторно переносяться до бухгалтерської програми вручну, процес залишається лише частково цифровим. Так само електронне підписання без належного розмежування доступу, контролю статусів та організованого архіву не забезпечує керованості документного потоку. Результативність ЕДО формується саме на стиках окремих операцій.

У цьому контексті традиційне твердження про економію паперу відображає лише один, причому не найскладніший, результат переходу на ЕДО. Для облікової системи більш значущими є скорочення тривалості документного циклу, зменшення повторного введення даних, контроль версій і статусів, швидкий пошук доказової інформації та формування цифрового сліду операції. Дослідження цифрової трансформації бухгалтерського обліку пов'язують розвиток цифрових технологій зі змінами в організації облікової інформації та професійних функціях бухгалтерів [1–5].

Одночасно цифровий формат змінює структуру ризиків. Замість ризику фізичної втрати паперового документа зростає значення сумісності інформаційних систем, управління правами доступу, резервного копіювання, кіберзахисту, коректності електронного підписання та збереження документів протягом установлених строків. Окремим чинником залишається готовність персоналу працювати за новими маршрутами. Дослідження цифрових компетентностей бухгалтерів вказують на можливий розрив між технологічними навичками, яких потребує професія, та фактичним рівнем підготовки працівників [4; 5].

Тому впровадження ЕДО доцільно будувати як організаційний проєкт. Його початковим етапом має бути аудит чинного документообігу: визначення видів документів, учасників, маршрутів погодження, точок повторного введення інформації та вимог до зберігання. Після цього обирається програмне рішення, налаштовуються ролі й права доступу, інтеграція з обліковою системою та електронним підписом, проводяться пілотне тестування й навчання користувачів. Лише після стабілізації процесу доцільно оцінювати отриманий ефект.

Таблиця 2. Система показників для оцінювання результативності електронного документообігу

Об'єкт контролю	Показник	Що дає змогу встановити
Швидкість	середній час від створення до завершення маршруту	наявність затримок у погодженні та обробці
Інтеграція	частка документів без повторного ручного введення	ступінь наскрізної цифровізації процесу
Якість	частка документів, повернених через помилки	якість реквізитів і налаштування контролів
Дисципліна	частка прострочених погоджень	дотримання встановлених маршрутів і строків
Доступність	середній час пошуку документа	якість індексації та електронного архіву
Безпека	кількість інцидентів доступу / відновлення	надійність контролю доступу й резервування

Джерело: розроблено автором.

Запропоновані показники переводять оцінювання ЕДО з площини загальних тверджень у площину вимірюваних змін. Їх можна фіксувати до впровадження системи та після стабілізації нового процесу. Такий підхід дозволяє відокремити сам факт придбання програмного продукту від реального організаційного результату й визначити, на яких етапах документного циклу цифровізація не дала очікуваного ефекту.

Проведене дослідження дає підстави розглядати електронний документообіг як інфраструктурний компонент цифрового облікового середовища підприємства. Його результативність визначається не кількістю документів, переведених із паперової форми, а цілісністю цифрового маршруту — від створення та юридично значущого підписання до інтеграції з обліком, контролю статусу і зберігання. Функціональні відмінності актуальних в Україні систем підтверджують, що універсального програмного рішення для всіх підприємств не існує: критерії вибору залежать від структури документних потоків, використовуваної облікової системи, характеру взаємодії з контрагентами та вимог до інтеграції.

Практичне значення такого підходу полягає у можливості оцінювати ЕДО як керований бізнес-процес. Підприємство може зіставити показники тривалості документного циклу, частоти помилок, повторного введення даних, прострочених погоджень і доступності архіву до та після цифровізації. Подальші дослідження доцільно спрямувати на апробацію запропонованої системи показників на даних конкретних підприємств, що дозволить кількісно оцінити вплив ЕДО на організацію бухгалтерського обліку.

Список використаних джерел

1. Perdana A., Wang T. Digital Transformation in Accounting and Auditing: Navigating Technological Advances for the Future. Cham: Springer, 2024. 422 p. DOI: 10.1007/978-3-031-46209-2.
2. Yang J., Ying L., Xu X. Digital transformation and accounting information comparability. Finance Research Letters. 2024. Vol. 61. Article 104993. DOI: 10.1016/j.frl.2024.104993.
3. Sun Y. et al. How does digital transformation affect corporate accounting employees? China Journal of Accounting Research. 2024. Vol. 17, Issue 4. Article 100391.
4. Busulwa R., Birt J., Gepp A., Oates G. Accountants' attitudes to digital technology: A barrier to the digital transformation of accounting? In: Digital Transformation in Accounting and Auditing. Springer, 2024. P. 153–182.
5. Busulwa R., Birt J., Gepp A., Oates G. Lost in Translation? The Required Vs. Actual Technology Skills of Accountants. In: Digital Transformation in Accounting and Auditing. Springer, 2024. P. 121–151.
6. Linares Guerrero M., Plasencia Nuñez L. del C., Rafael Izquierdo J. K. Digital transformation and the challenges of the accountant. Proceedings of the 2024 LACCEI International Multi-Conference. 2024.
7. Mansour N., Bujosa Vadell L. M. (eds.). Finance, Accounting and Law in the Digital Age. Cham: Springer, 2023.

8. Про електронні документи та електронний документообіг: Закон України від 22.05.2003 № 851-IV.
9. Про електронну ідентифікацію та електронні довірчі послуги: Закон України від 05.10.2017 № 2155-VIII.
10. Вчасно.ЕДО: офіційний ресурс. URL: https://vchasno.ua/ (дата звернення: 01.10.2026).
11. M.E.Doc: офіційний ресурс. URL: https://medoc.ua/ (дата звернення: 01.10.2026).
12. FREDO ДокМен: офіційний ресурс. URL: https://fredo.com.ua/docmen (дата звернення: 01.10.2026).
13. FlyDoc: офіційний ресурс. URL: https://flydoc.ua/uk (дата звернення: 01.10.2026).
14. Paperless: офіційний ресурс. URL: https://paperless.com.ua/uk (дата звернення: 01.10.2026).
15. СОТА. Зміни в оновленні 03.09.26_211: припинення роботи СОТА.ЕДО з 1 жовтня 2026 р. URL: https://sota-buh.com.ua/version/03-09-26_211 (дата звернення: 01.10.2026).

ЕКОНОМІКО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИЙНЯТТЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ОНОВЛЕННЯ ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ ПІДПРИЄМСТВА

Проскуріна Неля Миколаївна
доктор економічних наук, професор,
завідувач кафедри обліку та оподаткування
Варламова Ірина Сергіївна
доктор економічних наук, професор
Йожикова Ірина Валеріївна
здобувач вищої освіти магістерського рівня
Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна

В умовах динамічних змін економічного середовища, технологічного розвитку та необхідності забезпечення конкурентоспроможності підприємств особливого значення набуває ефективне управління основними засобами. Саме основні засоби формують матеріально-технічну основу діяльності підприємства, визначають його виробничі можливості та значною мірою впливають на рівень витрат, продуктивність праці, якість продукції й фінансові результати. Водночас фізичне та моральне старіння обладнання, недостатній рівень його оновлення і значні витрати на утримання застарілих об'єктів зумовлюють необхідність прийняття обґрунтованих інвестиційних рішень.

Проблема оновлення основних засобів полягає не лише у визначенні потреби підприємства в новому обладнанні, а й у виборі найбільш економічно доцільного способу такого оновлення. Підприємство може продовжувати експлуатацію наявного об'єкта, здійснити його ремонт або модернізацію, придбати нове обладнання, замінити окремі об'єкти чи використовувати альтернативні форми залучення активів. Саме через це прийняття відповідного рішення потребує комплексного економіко-аналітичного забезпечення.

Економіко-аналітичне забезпечення інвестиційних рішень щодо основних засобів доцільно розглядати як систему інформації, методів і показників, за допомогою яких здійснюється оцінювання стану основних засобів, визначається потреба в їх оновленні, порівнюються альтернативні варіанти та прогнозуються економічні наслідки кожного рішення. Важливу роль у формуванні інформаційної бази відіграють дані бухгалтерського обліку, фінансової звітності, результати технічного та економічного аналізу, а також прогнозні показники діяльності підприємства.

Першим етапом обґрунтування рішення щодо оновлення основних засобів є оцінювання їх фактичного стану. Для цього доцільно аналізувати коефіцієнти зносу, придатності, оновлення та вибуття основних засобів. Коефіцієнт зносу характеризує частку вартості основних засобів, яка вже перенесена на створений продукт, тоді як коефіцієнт придатності дає змогу оцінити частину вартості, що ще не була замортизована. Водночас сам по собі рівень зносу не може бути єдиною підставою для прийняття інвестиційного рішення, оскільки необхідно враховувати продуктивність обладнання, витрати на його експлуатацію, технологічну відповідність, можливість модернізації та очікувані грошові потоки [2].

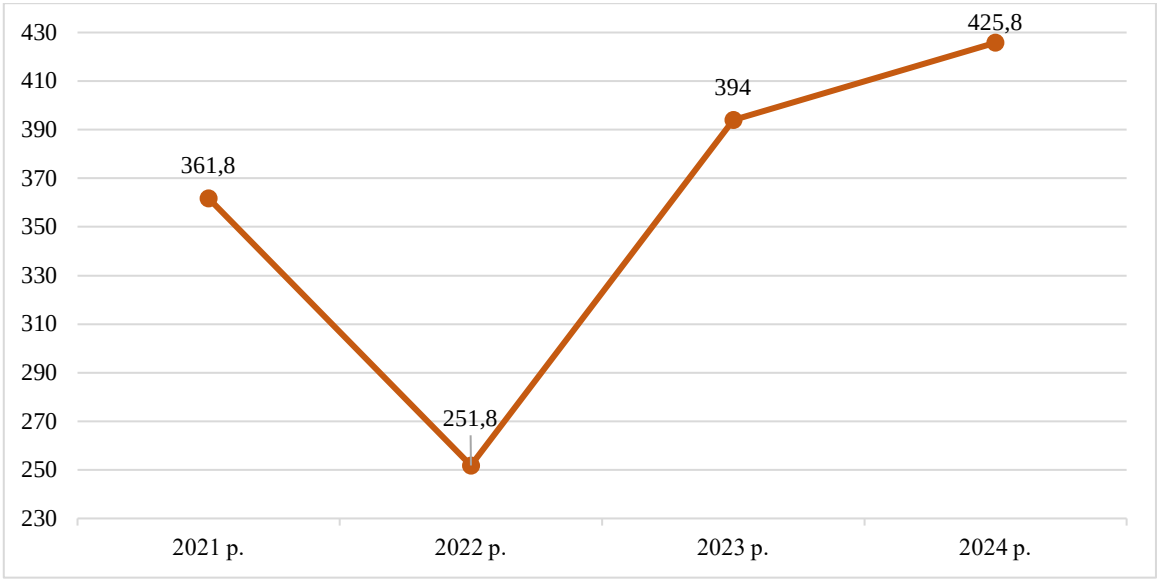


Рисунок 1. Динаміка вартості нових основних засобів, що надійшли в Україні у 2020–2024 рр., млрд грн [1]

Наведені дані на рис. 1 свідчать про нерівномірну динаміку надходження нових основних засобів в Україні. Найбільш суттєве скорочення показника спостерігалося у 2022 р., що було зумовлено різким погіршенням економічних умов на тлі воєнного стану. У 2023-2024 рр. відбулося відновлення обсягів надходження нових основних засобів, що свідчить про активізацію процесів відновлення та модернізації матеріально-технічної бази підприємств. Водночас загальнодержавна тенденція не характеризує ефективність використання активів окремого підприємства, тому потребує доповнення показниками результативності їх експлуатації [1].

Важливим напрямом аналізу є визначення економічної ефективності використання основних засобів. До основних показників належать фондовіддача, фондомісткість, рентабельність основних засобів, продуктивність обладнання, а також динаміка витрат на його утримання та ремонт. Зниження фондовіддачі за одночасного зростання витрат на ремонт і технічне обслуговування може свідчити про необхідність перегляду способу використання відповідних активів.

Особливе значення має аналіз альтернативних варіантів оновлення основних засобів. Для прийняття рішення доцільно сформувати декілька можливих альтернатив та визначити їх економічні наслідки. Наприклад, підприємство може порівнювати продовження експлуатації наявного обладнання, його модернізацію та придбання нового обладнання.

Таблиця 1 – Інформаційна модель прийняття рішення щодо оновлення основних засобів

Етап	Основні показники та інформація	Результат
Оцінювання стану основних засобів	Знос, придатність, вік, технічний стан	Визначення потреби в оновленні
Аналіз ефективності	Фондовіддача, рентабельність, продуктивність	Оцінювання результативності використання
Формування альтернатив	Ремонт, модернізація, придбання нового основного засобу	Перелік можливих рішень
Оцінювання інвестицій	NPV, IRR, PI, період окупності	Визначення економічної доцільності
Аналіз ризиків	Зміна витрат, цін, доходів, строку експлуатації	Оцінювання стійкості рішення
Вибір рішення	Комплексне порівняння альтернатив	Обґрунтування інвестиційного рішення

*дані сформовано автором

Одним із найбільш поширених підходів до оцінювання інвестиційних рішень є використання методів дисконтування грошових потоків. Зокрема, показник чистої теперішньої вартості (NPV) дає змогу визначити величину приросту вартості підприємства в результаті реалізації інвестиційного проєкту. Якщо NPV має позитивне значення, інвестиційний проєкт забезпечує перевищення дисконтованих грошових надходжень над величиною початкових інвестицій.

Не менш важливим є показник внутрішньої норми дохідності (IRR), який характеризує таку ставку дисконтування, за якої NPV проєкту дорівнює нулю. Його використання дає змогу порівняти очікувану дохідність інвестицій із вартістю залученого капіталу. Додатково може використовуватися індекс прибутковості (PI), який характеризує ефективність інвестицій на одиницю вкладених коштів, та період окупності інвестицій.

Однак прийняття рішення щодо оновлення основних засобів не повинно ґрунтуватися виключно на одному показнику. В умовах невизначеності доцільним є застосування комплексного підходу, який передбачає поєднання фінансових, технічних та ризикових критеріїв. Наприклад, нове обладнання може мати вищу первісну вартість, проте забезпечувати менші експлуатаційні витрати, вищу продуктивність та більший строк корисного використання. Тому порівняння лише початкової вартості різних варіантів може призвести до необґрунтованого рішення.

Для підвищення обґрунтованості вибору доцільно використовувати сценарний та аналіз чутливості. Сценарний аналіз передбачає оцінювання результативності інвестиційного рішення за різних умов функціонування підприємства – оптимістичних, базових і песимістичних. Аналіз чутливості, у свою чергу, дає можливість визначити, наскільки зміна окремих факторів впливає на кінцевий результат інвестиційного проєкту. Такими факторами можуть бути обсяг виробництва, ціна продукції, витрати на експлуатацію обладнання, вартість енергії, строк використання активу або обсяг початкових інвестицій.

Значну роль у процесі прийняття рішення відіграє бухгалтерський облік основних засобів, оскільки саме він формує значну частину інформаційної бази для проведення аналізу. Дані про первісну та залишкову вартість, накопичену амортизацію, операції з придбання, вибуття, ремонту та модернізації основних засобів можуть використовуватися для оцінювання фактичного стану активів та прогнозування потреби в інвестиціях. При цьому аналітична інформація повинна доповнюватися прогнозними показниками, оскільки історичні облікові дані не завжди відображають майбутню економічну ефективність інвестиційного рішення.

Одним із ключових моментів є врахування впливу оновлення основних засобів на фінансові результати підприємства. Придбання нового обладнання може спричинити збільшення амортизаційних витрат, проте одночасно зменшити витрати на ремонт, енергію та простої, а також підвищити продуктивність праці та обсяг виробництва. Отже, економічний ефект від оновлення необхідно оцінювати комплексно, з урахуванням не лише безпосередніх витрат, а й очікуваних змін доходів та операційних витрат [3].

В умовах цифровізації підприємств перспективним напрямом розвитку економіко-аналітичного забезпечення є використання інформаційних систем, Business Intelligence, Data Analytics та інструментів прогнозування. Автоматизована обробка інформації про рух, технічний стан, завантаження та

витрати на обслуговування основних засобів дозволяє своєчасно виявляти об'єкти з низькою ефективністю використання та формувати інформаційну основу для інвестиційних рішень. Поєднання облікових та аналітичних даних сприяє переходу від реактивного управління основними засобами до прогнозного.

Таким чином, економіко-аналітичне забезпечення прийняття інвестиційних рішень щодо оновлення основних засобів повинно мати комплексний характер. Його основу становить поєднання даних бухгалтерського обліку, результатів оцінювання технічного та економічного стану активів, методів інвестиційного аналізу та інструментів оцінювання ризику. Використання NPV, IRR, PI, періоду окупності, сценарного аналізу та аналізу чутливості дозволяє здійснювати обґрунтоване порівняння альтернативних варіантів оновлення. Тобто, прийняття рішення щодо оновлення основних засобів доцільно розглядати не як одноразове рішення про придбання нового активу, а як комплексний процес вибору найбільш економічно доцільної альтернативи з урахуванням технічних, фінансових та ризикових факторів. Запропонований підхід сприяє підвищенню ефективності використання інвестиційних ресурсів підприємства, оптимізації витрат та формуванню його довгострокового потенціалу розвитку.

Список використаних джерел

1. Основні засоби та капітальні інвестиції. Державна служба статистики України. URL: https://stat.gov.ua/uk/topics/osnovni-zasoby-ta-kapitalni-investytsiyi (дата звернення: 29.09.2026).
2. Potryvaieva N., Pelypkanych I., Potryvaieva O. Effective Investment Decision for Fixed Assets Management. Modern Economics. 2020. № 23, P. 174-179. URL: https://doi.org/10.31521/modecon.v23(2020)-28 (дата звернення: 29.09.2026).
3. Про затвердження Національного положення (стандарту) бухгалтерського обліку 7 «Основні засоби». Офіційний вебпортал парламенту України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0288-00#Text (дата звернення: 29.09.2026).

Section: Agricultural Sciences

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.001.27-31

МІКОРИЗНІ ГРИБИ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Барановська Софія
здобувачка вищої освіти
Науковий керівник:
Люта Ірина
асистентка
https://orcid.org/0000-0002-1672-2337
Кафедра біотехнології та біоінженерії
Миколаївський національний аграрний університет, Україна

Анотація: У статті розглянуто особливості мікоризної взаємодії грибів із кореневою системою рослин та її значення для вирощування сільськогосподарських культур. Проаналізовано основні типи мікоризи, механізми формування симбіотичних взаємозв'язків і роль мікоризних грибів у забезпеченні рослин поживними речовинами. Охарактеризовано вплив мікоризи на засвоєння фосфору, азоту та мікроелементів, водний режим і стійкість рослин до несприятливих умов середовища. Розглянуто можливості використання мікоризних грибів у сучасному сільському господарстві як біологічного інструменту підвищення ефективності використання ресурсів, підтримання родючості ґрунту та стійкості агроекосистем.

Ключові слова: мікориза, мікоризні гриби, арбускулярна мікориза, сільськогосподарські культури, симбіоз, фосфор, мінеральне живлення, ґрунт, стійкість рослин.

Вступ. Сучасне сільське господарство потребує технологій, які дають змогу одночасно підтримувати продуктивність рослин, ефективно використовувати поживні речовини та зменшувати негативний вплив інтенсивного землеробства на ґрунтові екосистеми. Одним із перспективних напрямів у цьому контексті є використання природних взаємозв'язків між рослинами та ґрунтовими мікроорганізмами. Важливе місце серед таких взаємодій займає мікориза – симбіотичне співіснування грибів із кореневою системою рослин [3, 4, 10].

Мікоризні гриби поширені в природних екосистемах і здатні формувати взаємозв'язки з великою кількістю видів рослин. Найбільш поширеним типом є арбускулярна мікориза, за якої гриби колонізують тканини кореня та формують усередині клітин кори спеціалізовані структури – арбускули. Через них здійснюється обмін речовинами між рослиною та грибом. Рослина забезпечує гриб органічними сполуками вуглецю, а гриб сприяє надходженню до рослини води та мінеральних елементів із ґрунту [1, 2, 5].

Особливий інтерес до мікоризних грибів у сільському господарстві пов'язаний із їхньою потенційною здатністю покращувати мінеральне живлення культур, підвищувати стійкість рослин до посухи, засолення та інших стресових факторів, а також впливати на властивості ґрунту. Тому дослідження механізмів мікоризного симбіозу та можливостей його практичного використання є актуальним напрямом сучасної біотехнології та агроекології [4, 6, 8, 11].

Мета та завдання дослідження: Метою роботи є узагальнення сучасних наукових відомостей про мікоризні гриби та визначення їх значення для росту, мінерального живлення і стійкості сільськогосподарських культур.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

- охарактеризувати основні типи мікоризи;
- розглянути механізми взаємодії мікоризних грибів із рослинами; проаналізувати вплив мікоризи на забезпечення рослин мінеральними елементами та водою;
- охарактеризувати роль мікоризних грибів у підвищенні стійкості культур до несприятливих факторів;
- визначити перспективи практичного використання мікоризних грибів у сільському господарстві.

Мікориза як форма симбіотичної взаємодії. Мікориза - це симбіотична взаємодія грибів із кореневою системою рослин, у результаті якої обидва партнери отримують певні переваги. Для сільськогосподарських культур найбільше значення мають арбускулярна мікориза та, для окремих груп рослин, ектомікориза [1, 2].

За арбускулярної мікоризи гіфи гриба проникають у тканини кореня та утворюють арбускули й везикули, через які відбувається обмін речовинами. Поза коренем гриб формує розгалужену систему гіф, що поширюється в ґрунті та збільшує об'єм ґрунту, доступний для поглинання води й поживних речовин, особливо фосфору [1, 6, 7].

Ектомікориза характеризується формуванням грибної оболонки навколо кореневих кінчиків і мережі гіф між клітинами кореня. Вона переважно властива деревним рослинам, тому для більшості польових культур основне значення має арбускулярна мікориза [5].

Отже, різні типи мікоризи відрізняються будовою симбіотичної взаємодії, але спільною їх особливістю є обмін ресурсами між грибом і рослиною.

Механізми впливу мікоризних грибів на рослину. Основою мікоризного симбіозу є обмін речовинами: рослина передає грибові органічні сполуки вуглецю, а гриб забезпечує рослину водою та мінеральними елементами [1, 6].

Розгалужена система грибних гіф виходить за межі кореневої системи та проникає у дрібні ґрунтові пори, збільшуючи об'єм ґрунту, з якого рослина може отримувати ресурси. Особливе значення це має для фосфору, який характеризується низькою рухливістю в ґрунті [6, 7].

Мікоризні гриби також можуть сприяти надходженню азоту, цинку, міді та інших елементів, однак ефективність цього процесу залежить від виду рослини, властивостей ґрунту та конкретного гриба [6].

Крім того, гіфи впливають на ризосферу, забезпечуючи додаткову поверхню для взаємодії з бактеріями та іншими ґрунтовими мікроорганізмами [14].

Значення мікоризи для мінерального живлення сільськогосподарських культур. Одним із найбільш досліджених ефектів арбускулярної мікоризи є покращення фосфорного живлення рослин. Завдяки грибному міцелію рослина може використовувати фосфор із ґрунтових зон, недоступних для безпосереднього поглинання коренями, після чого поживні речовини транспортуються гіфами до кореня [6, 7].

Мікоризні гриби також можуть впливати на надходження азоту та мікроелементів, зокрема цинку й міді. Однак ефект залежить від культури, властивостей ґрунту, виду гриба та умов вирощування [6].

Водночас наявність мікоризи не гарантує підвищення врожайності. За високої доступності фосфору потреба рослини в симбіозі може знижуватися, тому ефективність інокуляції залежить від конкретних умов вирощування [1, 10].

Вплив мікоризних грибів на властивості ґрунту. Мікоризні гриби впливають не лише на живлення рослин, а й на функціонування ґрунтової системи. Їхній міцелій сприяє формуванню та стабілізації ґрунтових агрегатів, що може позитивно впливати на пористість, водопроникність і здатність ґрунту утримувати воду [8].

Гіфи грибів також беруть участь у формуванні ґрунтової мікробної спільноти, взаємодіючи з бактеріями та іншими мікроорганізмами. Такі взаємозв’язки можуть впливати на розкладання органічної речовини та кругообіг поживних елементів [8, 14].

Таким чином, вплив мікоризи проявляється як безпосередньо через взаємодію з коренями рослин, так і через зміни фізичних і біологічних властивостей ґрунту.

Роль мікоризних грибів у стійкості рослин до несприятливих умов. Сільськогосподарські культури можуть зазнавати впливу посухи, високих температур, засолення та інших стресових факторів. Мікоризна взаємодія здатна підвищувати здатність рослин адаптуватися до частини таких умов [9, 11].

За дефіциту води розгалужена система гіф збільшує об’єм ґрунту, доступний для поглинання води. Крім того, мікориза може впливати на регуляцію водного режиму, фотосинтетичну активність та антиоксидантний захист рослин [9, 11].

Мікоризна взаємодія також досліджується у зв’язку зі стійкістю до засолення, високих температур і забруднення важкими металами. Водночас ефективність такого захисту залежить від виду рослини, мікоризного гриба, інтенсивності стресу та умов середовища [9, 11].

Взаємодія мікоризних грибів із патогенами та іншими мікроорганізмами. Мікоризні гриби взаємодіють із мікробіотою ризосфери та можуть впливати на розвиток окремих ґрунтових патогенів. Серед можливих механізмів виділяють конкуренцію за ресурси, зміни складу ризосферної мікробіоти, покращення мінерального живлення та стимуляцію захисних реакцій рослини [12, 14].

Перспективним є поєднання мікоризних грибів із бактеріями, що стимулюють ріст рослин. Такі мікроорганізми можуть доповнювати функції один одного, сприяючи мобілізації та транспортуванню поживних речовин [3].

Однак характер взаємодії між мікроорганізмами залежить від конкретних видів, штамів і умов середовища, тому використання таких консорціумів потребує додаткової оцінки їхньої сумісності та ефективності [3].

Практичне застосування мікоризних грибів у сільському господарстві. Мікоризні гриби можуть використовуватися як біологічні стимулятори росту та складова ресурсоефективних технологій вирощування культур. Мікоризні препарати застосовують для обробки насіння, кореневої системи, садивного матеріалу або безпосереднього внесення в ґрунт чи субстрат [3, 10].

Потенційними перевагами мікоризної інокуляції є покращення засвоєння поживних речовин, ефективності використання води та стійкості рослин. Арбускулярні мікоризні гриби можуть застосовуватися для зернових, бобових, овочевих і плодових культур [3, 10].

Водночас ефективність інокуляції залежить від сумісності рослини та гриба, властивостей ґрунту й технології вирощування [3, 10].

Тому необхідно оцінювати не лише колонізацію коренів, а й фактичний вплив на розвиток рослин, мінеральне живлення та врожайність [10].

Обмеження та перспективи використання мікоризних грибів. Попри значний потенціал, ефективність мікоризної інокуляції може відрізнятися залежно від властивостей ґрунту, рівня забезпечення фосфором, вологості, температури, виду рослини та штаму гриба [4, 10].

Висока доступність окремих поживних речовин, зокрема фосфору, може знижувати залежність рослини від симбіозу. Тому мікоризу доцільно розглядати не як заміну мінеральним добривам, а як складову комплексної системи живлення рослин [1, 10].

Перспективним напрямом є підбір ефективних комбінацій «рослина–гриб», взаємодія мікоризи з іншими корисними мікроорганізмами та стандартизація мікоризних препаратів для стабільного використання в польових умовах [4, 10].

Висновки. Мікоризні гриби формують із рослинами взаємовигідні симбіотичні взаємозв’язки, найбільше значення серед яких для сільськогосподарських культур має арбускулярна мікориза. Вона сприяє ефективнішому використанню води та поживних речовин, особливо фосфору, а також може впливати на структуру ґрунту, ризосферну мікробіоту та стійкість рослин до несприятливих умов [1, 6, 8, 9].

Використання мікоризних грибів є перспективним напрямом біологізації сільського господарства, однак ефективність інокуляції залежить від культури, властивостей ґрунту, умов вирощування та виду гриба. Тому мікоризні препарати доцільно використовувати як складову комплексних технологій вирощування. Подальші дослідження мають бути спрямовані на добір ефективних грибно-рослинних комбінацій та стандартизацію мікоризних інокулянтів [4, 10].

Список використаних джерел

1. Smith S. E., Read D. J. Mycorrhizal Symbiosis. 3rd ed. Academic Press, 2008.
2. Parniske M. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. Nature Reviews Microbiology. 2008. Vol. 6. P. 763–775. DOI: 10.1038/nrmicro1987.
3. Fasusi O. A., Babalola O. O., Adejumo T. O. Harnessing of plant growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystem sustainability. CABI Agriculture and Bioscience. 2023. Vol. 4. Article 26. DOI: 10.1186/s43170-023-00168-0.
4. Mwampashi L. L., Magubika A. J., Ringo J. F. et al. Exploring agro-ecological significance, knowledge gaps, and research priorities in arbuscular mycorrhizal fungi. Frontiers in Microbiology. 2024. Vol. 15. DOI: 10.3389/fmicb.2024.1491861.
5. Brundrett M. C., Tedersoo L. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. New Phytologist. 2018. Vol. 220, No. 4. P. 1108–1115. DOI: 10.1111/nph.14976.
6. Smith S. E., Smith F. A. Roles of arbuscular mycorrhizas in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystem scales. Annual Review of Plant Biology. 2011. Vol. 62. P. 227–250. DOI: 10.1146/annurev-arplant-042110-103846.
7. Javot H., Pumplin N., Harrison M. J. Phosphate in the arbuscular mycorrhizal symbiosis: transport properties and regulatory roles. Plant, Cell & Environment. 2007. Vol. 30, No. 3. P. 310–322. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2006.01617.x.
8. Rillig M. C., Mummey D. L. Mycorrhizas and soil structure. New Phytologist. 2006. Vol. 171, No. 1. P. 41–53. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2006.01750.x.
9. Begum N., Qin C., Ahanger M. A. et al. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. Article 1068. DOI: 10.3389/fpls.2019.01068.
10. Rillig M. C., Aguilar-Trigueros C. A., Camenzind T. et al. Why farmers should consider the hidden benefits of mycorrhizae. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2019. Vol. 284. Article 106592. DOI: 10.1016/j.agee.2019.106592.
11. Arbuscular Mycorrhizal Fungi: Boosting Crop Resilience to Environmental Stresses. Microorganisms. 2024. Vol. 12, No. 12. Article 2448. DOI: 10.3390/microorganisms12122448.
12. Pozo M. J., Azcón-Aguilar C. Unraveling mycorrhiza-induced resistance. Current Opinion in Plant Biology. 2007. Vol. 10, No. 4. P. 393–398. DOI: 10.1016/j.pbi.2007.05.004.
13. Role of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Maintaining Sustainable Agroecosystems. Plants. 2025. Vol. 5, No. 1. Article 6. DOI: 10.3390/xxxxx.
14. Bianciotto V., Bonfante P. Arbuscular mycorrhizal fungi: a specialized niche in the rhizosphere. New Phytologist. 2002. Vol. 154, No. 2. P. 437–447.
15. van der Heijden M. G. A., Martin F. M., Selosse M.-A., Sanders I. R. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. New Phytologist. 2015. Vol. 205, No. 4. P. 1406–1423. DOI: 10.1111/nph.13288.
16. Begum N., Ahanger M. A., Su Y. et al. Improved drought tolerance by AMF inoculation in plants: a review. Frontiers in Plant Science. 2021. Vol. 12. Article 651881.

Section: Architecture and Construction

ЗБЕРЕЖЕННЯ АРХІТЕКТУРНОЇ ІДЕНТИЧНОСТІ ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ ІСТОРИЧНИХ МІСТ: ДОСВІД НІМЕЧЧИНИ

Осадча Тетяна
асистентка
Бугор Христина
здобувачка вищої освіти бакалаврського рівня
Кафедра дизайну архітектурного середовища
Одеська державна академія будівництва та архітектури, Україна

Збереження архітектурної ідентичності під час реконструкції є одним із центральних питань сучасного містобудування. У післявоєнних умовах воно набуває особливої гостроти: місту потрібно швидко повернути функціональність і водночас не втратити пам’ять місця, адже будь-яке рішення — відтворити втрачене, зберегти руїну як свідчення чи збудувати нове - по-різному впливає на сприйняття міста його мешканцями. Німеччина є показовим прикладом, оскільки внаслідок Другої світової війни було зруйновано багато її історичних міст, а суспільна й фахова дискусія про те, як саме відновлювати, триває вже понад сімдесят років. За цей час у країні сформувалося кілька принципово різних підходів: від «археологічної» реконструкції окремих символів міста до відновлення його історичної планувальної структури за допомогою сучасної архітектури та адаптації промислової спадщини.

У цій роботі поняття «реконструкція» використовується у широкому термінологічному значенні — як сукупність практик, спрямованих на відновлення, збереження або трансформацію історичного архітектурного середовища після втрат, пошкоджень чи функціонального занепаду. Воно охоплює взаємопов’язані, але не тотожні способи роботи зі спадщиною: відбудову втраченого, відтворення історичного вигляду, реставрацію та консервацію автентичної субстанції, а також адаптацію існуючих об’єктів до нових функцій. Такий широкий підхід дає змогу порівнювати не лише будівельні технології, а насамперед те, який тип архітектурної та міської ідентичності кожна стратегія прагне зберегти.

Метою дослідження є виявлення та порівняння німецьких підходів до збереження архітектурної ідентичності в реконструкції, а також оцінка їхнього значення для відновлення українських міст. Для цього розглянуто відбудову Фрауенкірхе в Дрездені, реставрацію Нового музею в Берліні, концепцію «критичної реконструкції» Берліна, квартал Дом-Рьомер у Франкфурті-на-Майні та перетворення комплексу Цольферайн в Ессені.

Відбудова Фрауенкірхе — показовий приклад збереження ідентичності матеріального свідчення. Фрауенкірхе в Дрездені (рис. 1), зруйнована під час бомбардувань у лютому 1945 р., за часів НДР залишалася купою уламків протягом 45 років: у 1966 р. міська рада оголосила руїни меморіалом, а в 1980-х роках почорнілі камені стали символом руху за мир [2]. Після об'єднання Німеччини ухвалили рішення про відбудову, і 20 лютого 1992 р. міська рада Дрездена схвалила його [1; 2]. Ключовою особливістю проєкту став «археологічний» підхід: щоб використати якомога більше оригінальних елементів, руїни не вивозили, а розбирали як археологічну пам'ятку. З 4 січня 1993 р. гору уламків поділили на квадрати, кожну знахідку позначали, нумерували й документували, а розташування перевіряли фотограмметричним опрацюванням знімків; через 17 місяців було прибрано близько 22 тис. м³ уламків [1]. Відбудова спиралася на оригінальні креслення й довоєнні фотографії [2]. Перший камінь покладено 27 травня 1994 р., зовнішній вигляд завершено 2004 р., а освячення відбулося 30 жовтня 2005 р. [1; 2]. Показово, що великий фрагмент оригінальної кладки, який лежав біля церкви, повернули на місце в тому ж положенні, що й на купі руїн, а нові службові приміщення сучасного призначення розмістили в окремому залізобетонному об'єкті, який охоплює церкву підковою й примикає до фундаментів Ґ. Бера через деформаційний шов [1]. Новий хрест на вежі, виготовлений на британські кошти, у 2000 р. передав герцог Кентський, що надало відбудові ще й значення примирення [1].



Рисунок 1. Реконструкція Фрауенкірхе, Дрезден, Німеччина

Водночас Дрезден показує й зворотний бік. Долину Ельби внесено до Списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО в 2004 р. У 2008 р. Комітет залишив її в списку, закликавши зупинити будівництво мосту й обрати тунель [3]. Проте 25 червня 2009 р. долину було виключено зі списку, оскільки чотирисмуговий міст у центрі культурного ландшафту позбавив її «видатної універсальної цінності»; це лише друга така подія в історії списку [4]. Цей випадок свідчить, що ідентичність міста визначають не лише окремі відновлені будівлі, а й цілісний ландшафт, у якому вони сприймаються. Таким чином, підхід Фрауенкірхе береже насамперед "матеріально-символічну ідентичність": зв'язок із

конкретною спорудою, її матеріалом, історичним образом і пам'яттю про руйнування. Для українських міст цей підхід є застосовним передусім там, де збереглася значна кількість автентичних фрагментів і де об'єкт має високий суспільний статус. Ключовими умовами мають бути повна фіксація руйнувань, каталогізація уламків, архівна документація та прозоре обґрунтування меж допустимого відтворення [4; 5].

Принципово іншу стратегію застосовано в Новому музеї на Музейному острові в Берліні (рис.2). Будівля після війни понад 50 років стояла просто неба на території Східного Берліна, зазнала значно більших руйнувань, ніж сусідні музеї, і до того часу не мала жодної реалізованої спроби відбудови [5]. За проєктом Д. Чипперфілда у співпраці з Дж. Гаррапом мета полягала в тому, щоб відновити первісний обсяг, поважаючи всі етапи історії будівлі, зокрема й тривалий час існування у вигляді руїни [5]. Реставрація відповідала принципам Венеціанської хартії й спиралася на консервацію: зберігалося те, що залишилося, а нові матеріали вводилися лише там, де це потрібно для цілісності [5]. Первісну послідовність приміщень відновлено новими об'ємами, що створюють тяглість зі збереженою структурою, а нове відображає втрачене, не імітуючи його: монументальні сходи повторюють форму оригіналу в спрощеній мові, а головна зала збережена лише як цегляний об'єм без орнаменту [5]. Колонаду зі східного й південного боків відновлено й добудовано, повернувши довоєнну міську ситуацію [5]. Тобто, реконструкція полягає у збереженні ідентичності історичного палімпсесту.

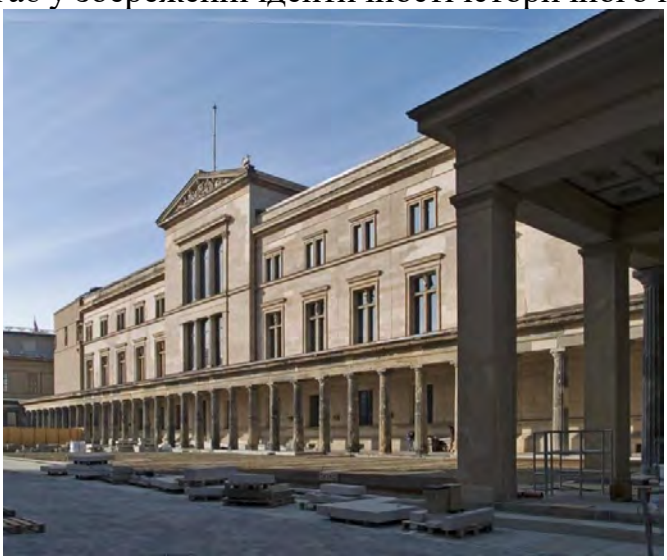


Рисунок 2. Реконструкція Нового музею, Берлін, Німеччина

На рівні міської тканини вагомим є досвід «критичної реконструкції» Берліна. Її запропонував архітектор Й. П. Клайхюс, який з 1979 р. очолював Міжнародну будівельну виставку (IBA) у Західному Берліні. Виставка мала два напрями: IBA Alt передбачала «обережне оновлення міста» (збереження, ремонт і повторне використання старого житлового фонду), а IBA Neu була лабораторією критичної реконструкції, де нові будівлі мали «залатати» діри в міській тканині [6]. Правила спиралися на типологію традиційного кварталу: відновлювали історичну мережу вулиць, нова забудова мала висоту близько 23

м і відновлювала чіткий край вулиці, а квартали ділили на дрібні ділянки, щоб уникнути мегаструктур [6]. Сам Клайхюс відкидав буквальну реконструкцію як дедалі ностальгічну [6]. Після 1990 р. ці принципи в масштабі центру міста застосовував Г. Штіманн: план «Планверк Інненштадт» ґрунтувався на критичній реконструкції й передбачав заповнення порожніх ділянок щільнішою змішаною забудовою, а в окремих випадках — знесення будівель середини XX ст. [7]. Підхід критикували за одноманітність і прихований консерватизм; за спостереженням автора огляду, «критична реконструкція» з часом стала менш критичною й поступається планам буквального відтворення втрачених об'єктів, як-от Королівського палацу та Бауакадемії Шинкеля [6].

Франкфурт-на-Майні демонструє ще один шлях. Старе місто було одним із найкраще збережених у Центральній Європі й налічувало близько 1250 переважно середньовічних і ренесансних будівель, проте після війни багато пошкоджених будинків знесли на користь «автомобільного» планування, а більшу частину центру відбудували в стилі 1950-х років, значною мірою відмовившись від історичної вуличної мережі [8]. У 1972-1974 рр. між собором і Рьомером збудували брутальну Технічну ратушу, для котлована якої зруйнували п'ять збережених старих будинків [8]. Її знесли у 2010-2012 рр., а на цьому місці у 2012-2018 рр. створили квартал Дом-Рьомер (рис.3): після критики першого конкурсного проєкту 2005 р. і публічних ініціатив міська рада переорієнтувала планування на відтворення історичного плану [8]. Статут 2010 р. регламентував фасади, дахи й матеріали, а з 35 будівель 15 стали реконструкціями, а 20 — новими спорудами, які мали гармоніювати з ансамблем, але залишатися впізнаваними як будівлі XXI ст. [8]. Проєкт отримав премію MIPIM 2019 р., однак викликав гостру дискусію: критики називають «творчі відтворення» фальшивою архітектурою, а сам проєкт - кулісами для туристів і витратою близько 200 млн євро, тоді як прихильники наголошують на якості ремесла та суспільному визнанні [8].

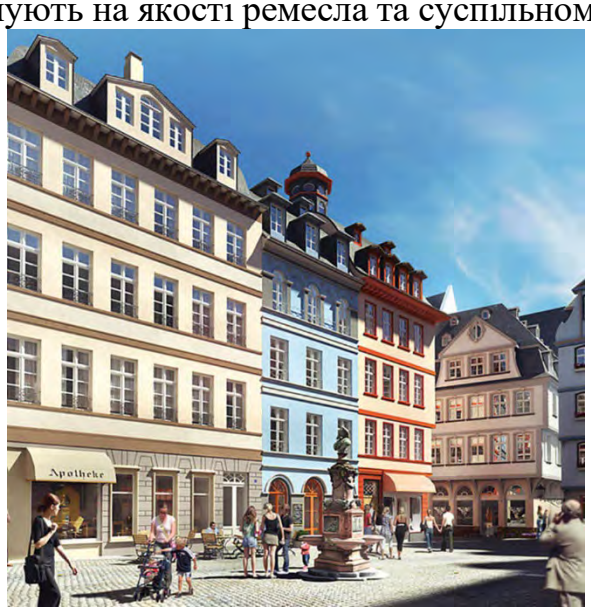


Рисунок 3. Реконструкція історичного кварталу Дом-Рьомер, Франкфурт-на-Майні, Німеччина

Таким чином, Дом-Рьомер береже “образно-просторову ідентичність історичного центру” — його масштаб, ритм вулиць, силует, характер площ і впізнавані архітектурні акценти. Для українських міст цей підхід може бути застосований у випадках масштабних втрат історичних кварталів, коли відновлення всіх будинків за документами неможливе. Водночас необхідно чітко розрізняти документально підтверджену реконструкцію і нове будівництво, щоб не створювати ілюзію повної автентичності.

Окрему групу становить переосмислення промислової спадщини. Показовим прикладом є центральна шахта Цольферайн XII (рис.4), яку було закрито 23 грудня 1986 р., а за тиждень до цього її взято під охорону. У 1990 р. розпочалося перетворення шахти на міжнародний центр культури, а коксохімічний завод припинив роботу в 1993 р. [9]. Принципом названо «збереження через перетворення». У 2001 р. комплекс внесено до Списку всесвітньої спадщини ЮНЕСКО як репрезентативний приклад розвитку традиційної важкої промисловості Європи. Розвиток території відбувається за генеральним планом і планом управління Р. Колхаса; будівлю колишньої вугледробарні з 2003 р. перетворювали бюро OMA разом із Г. Бьоллем і Г. Крабелем, а у 2010 р. там відкрито Музей Рура [9]. Нові об’єкти доповнюють історичні, а територія приймає близько 1,5 млн відвідувачів на рік [9]. Так промислові будівлі зберегли характер і здобули нову суспільну функцію. Тобто збереження індентичності відбулось за рахунок функціональної адаптації.



Рисунок 4. Реконструкція шахти «Цольферайн», Ессен, Німеччина

Порівняння розглянутих прикладів показує, що німецький досвід не формує єдиної універсальної моделі реконструкції. Навпаки, вибір стратегії залежить від того, яка саме цінність місця вважається визначальною. У Фрауенкірхе головною є матеріально-символічна цінність пам’ятки; у Новому музеї — цінність багатошарової історії; у «критичній реконструкції» Берліна — міська морфологія; у Дом-Рьомері — образ і просторовий характер історичного кварталу; у Цольферайн — поєднання матеріальної спадщини з новою функцією.

Ця диференціація має принципове значення для української відбудови. Повоєнне відновлення не повинно автоматично ототожнюватися з буквальним відтворенням довоєнного стану. Сучасні дослідження українських міст

показують, що післявоєнні перетворення XX століття вже самі стали частиною нинішньої міської структури та культурної ідентичності. Тому рішення мають прийматися на основі дослідження історичних шарів, стану автентичної субстанції, містобудівної ролі об'єкта, його суспільної цінності та потенціалу майбутнього використання.

У практичному вимірі для України це означає, що вибір способу відновлення має починатися з визначення цінності, яку необхідно зберегти: матеріально-символічної, багатошарової історичної, морфологічної, образно-просторової або функціонально-матеріальної. Саме така постановка питання дозволяє не переносити німецькі рішення механічно, а адаптувати їх до конкретного міста, ступеня руйнування, наявності автентичних фрагментів та майбутньої функції об'єкта.

Отже, німецький досвід охоплює широкий спектр стратегій: від археологічної реконструкції з максимальним використанням оригінальних елементів (Фрауенкірхе) і консервації з наочним розрізненням старого й нового (Новий музей) до відновлення планувальної структури («критична реконструкція»), творчого відтворення кварталів (Франкфурт) та адаптації промислових комплексів (Цольферайн). Спільним для найуспішніших проєктів є опора на документацію та дослідження, чітке розрізнення оригінальних і нових елементів, публічна дискусія щодо цінностей, а випадок долини Ельби показує ризик ігнорування цілісного контексту. Водночас франкфуртський приклад і критика берлінської доктрини нагадують, що буквальне відтворення не вирішує питання автентичності й може підмінювати пам'ять образом. Для українських міст це означає, що стратегію слід обирати окремо для кожного об'єкта, починаючи з фіксації й збереження уламків і документації та узгодження цінностей із громадою; це висновок автора на основі проаналізованого досвіду.

Список використаних джерел

1. Rebuilding Chronicle of the Frauenkirche Dresden [Електронний ресурс] // Stiftung Frauenkirche Dresden. – Режим доступу: https://www.frauenkirche-dresden.de/rebuilding-chronicle (дата звернення: 03.10.2026).
2. Gilbert A. Frauenkirche [Електронний ресурс] / A. Gilbert // Encyclopaedia Britannica. – Режим доступу: https://www.britannica.com/place/Frauenkirche-church-Dresden-Germany (дата звернення: 03.10.2026).
3. World Heritage Committee keeps Dresden Elbe Valley on UNESCO World Heritage List, urging an end to building of bridge [Електронний ресурс] // UNESCO World Heritage Centre. – 04.07.2008. – Режим доступу: https://whc.unesco.org/en/news/447 (дата звернення: 03.10.2026).
4. Dresden is deleted from UNESCO's World Heritage List [Електронний ресурс] // UNESCO World Heritage Centre. – 25.06.2009. – Режим доступу: https://whc.unesco.org/en/news/522 (дата звернення: 03.10.2026).
5. Neues Museum [Електронний ресурс] // David Chipperfield Architects. – Режим доступу: https://davidchipperfield.com/projects/neues-museum (дата звернення: 03.10.2026).

6. Schmaling S. Masked Nostalgia, Chic Regression: The “Critical” Reconstruction of Berlin [Електронний ресурс] / S. Schmaling // Harvard Design Magazine. – № 23. – Режим доступу: https://www.harvarddesignmagazine.org/articles/masked-nostalgia-chic-regression-the-critical-reconstruction-of-berlin/ (дата звернення: 03.10.2026).
7. Critical reconstruction [Електронний ресурс] // Wikipedia. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Critical_reconstruction (дата звернення: 03.10.2026).
8. New Frankfurt Old Town [Електронний ресурс] // Wikipedia. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/New_Frankfurt_Old_Town (дата звернення: 03.10.2026).
9. Zollverein UNESCO World Heritage Site [Електронний ресурс] // Stiftung Zollverein. – 2017. – Режим доступу: https://www.zollverein.de/app/uploads/2018/02/Zollverein-UNESCO-World_Heritage-Site.pdf (дата звернення: 03.10.2026).

СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ’ЄКТІВ ІНДУСТРІАЛЬНОЇ СПАДЩИНИ ПРИ ВИБОРІ РАКТИКИ РЕКОНСТРУКЦІЇ

Шарлай Олена
канд. арх., ст. викл
Кафедра дизайну середовища
Харківська державна академія дизайну та мистецтв, Україна

Дослідження питань збереження та відродження об’єктів промислової спадщини розпочалися завдяки збільшенню таких об’єктів після промислової революції. У середині XX століття західні науковці почали вивчати можливості перетворення об’єктів промислової спадщини на простори з культурною функцією, приділяючи особливу увагу пошуку балансу між збереженням історичного вигляду та функціональною доцільністю. З появою напрямку «промислової археології» як самостійної дисципліни багато дослідників зосередилися на оцінюванні вартості об’єктів промислової спадщини та їхньої ролі в передачі культурного досвіду. Такі об’єкти не лише зберігають соціальну пам’ять, а й відіграють важливу роль в формуванні місцевої культурної ідентичності та сприяють соціальній згуртованості. Проблема поєднання модернізації зі збереженням історичної спадщини стала одним із ключових питань наукових дискусій.

З 1970-х років, у міру зростання глобальної обізнаності про збереження промислової спадщини, міжнародні організації, такі як Венеційська хартія та Конвенція про всесвітню спадщину, встановили протоколи щодо збереження та оновлення, наголошуючи на реальному захисті промислової спадщини. Країни

Сполучених Штатів та Європи накопичили великий практичний досвід у цій галузі. Наприклад, Рурська область у Німеччині перетворила численні промислові об'єкти на музеї, культурні парки та зони креативної індустрії, успішно перетворивши ці об'єкти спадщини на платформи для соціального, культурного та економічного розвитку. Ці історії успіху демонструють, що збереження промислової спадщини вимагає не лише фізичного відновлення, але й культурного відродження та функціональної адаптації, інтегруючи її в сучасне міське життя.

З появою теорії просторового наративу, міжнародні вчені поступово інтегрували концепції наративного дизайну в просторову організацію та планування під час проектування та реконструкції об'єктів промислової спадщини. Просторові наративи не лише підкреслюють фізичні структури, але й містять історичний і культурний контекст просторів, дозволяючи їм реалізовувати нові функції, одночасно передаючи емоційні та культурні цінності. На відміну від традиційних методів, зосереджених на функціональному оновленні та фізичній реставрації, теорія просторового наративу робить акцент на розкритті глибоких історико-культурних сюжетів через взаємодію просторового планування та елементів дизайну. [1,2] Такий підхід посилює емоційне сприйняття, дозволяючи відвідувачам не лише бачити фізичні функції простору, а й відчувати закладені в ньому історичні оповіді та культурні спогади. Архітекторка Софія Псарра вважала, що просторові наративи можуть наповнювати простори відчуттям «історичної глибини» та «культурного резонансу», допомагаючи громадськості зрозуміти глибші змісти через інтерактивну взаємодію. [3] Ця теорія була впроваджена в численних проектах промислової спадщини. Яскравим прикладом є гавань Челсі у Великій Британії, де просторові нарративи та методи дизайну перетворили промислові реліквії на культурні зони громадських просторів, тим самим посилюючи почуття ідентичності та приналежності людей до цього району.

Тим часом у міжнародних дослідженнях наголошується на важливості поєднання нарратології з дизайном середовища для вивчення того, як візуальні, слухові й тактильні елементи простору можуть створювати ефект занурення в історичний контекст. Яскравим прикладом є проєкт парку «Хай-Лайн» (High Line) у Нью-Йорку, в межах якого занедбаний залізничний віадук перетворили на громадський міський простір. Завдяки методам просторового сторителінгу цей об’єкт поєднує залізничне минуле із сучасним міським життям, формуючи багатофункціональний простір, що ефективно транслює історичні нарративи та водночас відповідає актуальним функціональним потребам.

Попри значні успіхи міжнародних зусиль у сфері збереження індустріальної спадщини та просторової ревіталізації, все ще існують певні виклики — зокрема, щодо узгодження автентичності історичних об’єктів із сучасними потребами. Деякі проєкти адаптивного повторного використання, зосереджуючись на просторових рішеннях, можуть ігнорувати закладені в цих місцях культурні наративи, що призводить до зниження їхньої історичної значущості. [3,4] Відтак,

розробка підходів до проєктування, що надають пріоритет глибокому дослідженню та розкриттю історико-культурного контексту, стала важливим напрямом для майбутнього розвитку цієї сфери.

Основними методами аналізу об'єкту реконструкції, за умов, що збереження спадщини є головним пріоритетом, аналіз архівних джерел, що дозволить сформувати оптимальну стратегію трансформації даного об'єкта.

Метод соціального опитування дозволяє виявити реальне ставлення та потреби місцевих жителів щодо збереження промислової архітектурної спадщини, а також здобути додаткову інформацію про об'єкт дослідження.

Проведення натурних обстежень необхідний для оцінки поточного стану, заходів із реконструкції та планування проєктів, пов'язаних із промисловою архітектурною спадщиною, з подальшим системним вивченням супутніх питань. Поєднання інформації з архівних матеріалів із результатами аналізу безпосередньо на місці дозволяє повніше розкрити історію і потенціал об'єктів промислової архітектурної спадщини.

Морфологічний аналіз архітектурного середовища розглядається з трьох аспектів: планувальна організація (топологія вузлів), об'эмна (об'экт-фон) і об'ємно-просторова (послідовність просторів як механізм сторітейлінгу). 5) Метод статистичного аналізу полягає в розробці анкет для опитування, формуванні баз даних і проведення статистичних аналізів з перевірки гіпотез, аналізів надійності, кореляційний та ін...

В проведенні подібних досліджень важливо використовувати меж дісциплінарний підхід, аби до роботи було залучено низку спеціалістів з планування міських і сільських територій, архітектури, географії, соціології, психології, ландшафтного проєктування тощо. Дослідження має повною мірою використовувати методи кожної із цих дисциплін, щоб комплексно розглянути стратегії трансформації промислової архітектурної спадщини, забезпечуючи тим самим успіщність проектної пропозиції.

Подібний підхід, що спирається на теорію просторового нарративу, з акцентом на інтеграції контекстуалізованих та багатовимірних підходів протягом усього процесу проектування, формуванні тематичних р просторів, створенні виразних середовищ та використанні лінійних/нелінійних технік розповіді історій, гарантує, що трансформація промислової спадщини не лише відповідатиме функціональним вимогам, але й включатиме історичні, культурні та емоційні елементи в дизайн, забезпечуючи культурну взаємодію та надаючи освітній досвіду.

Список використаних джерел

1. Anne Marleen. (2021). Spatial Narrative: Designing Immersive Environments. Amsterdam University of Applied Sciences.173p.
2. Nigel Coates (2012). Narrative architecture. JohnWilley and Sons, New York.176 p.

3. Sophia Psarra (2009) Architecture and Narrative: The Formation of Space and Cultural Meaning. Routledge,. 304 p.
4. Zolfaghar, M., & Karimi, S. (2026). Spatial Mise-en-Scène and Narrative in Architecture: From Static Forms to Social Scenarios. The Bagh-e Nazar Journal, 23(1), 45–58.

Section: Art History and Literature

АСИМЕТРІЯ КВАЛІФІКАЦІЙНИХ ВИМОГ У ПІДГОТОВЦІ ДОКТОРА МИСТЕЦТВА

Яланський Андрій Вікторович
професор
Кафедра живопису та композиції
Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури
Україна

Анотація. Проаналізовано співвідношення письмової та творчої складових підготовки доктора мистецтва на прикладі документів НАОМА. Зіставлено вимоги до наукового обґрунтування мистецького проєкту та дисертації доктора філософії. Виявлено збереження дисертаційної структури за меншого обсягу тексту. Обґрунтовано потребу конкретизувати критерії аналізу художніх джерел, документування творчого процесу та оцінювання авторської рефлексії.

Ключові слова: доктор мистецтва, мистецьке дослідження, творчий проєкт, наукове обґрунтування, авторська рефлексія, кваліфікаційні вимоги.

Вступ. Підготовка доктора мистецтва потребує критеріїв, які дають змогу оцінити дослідницький зміст художньої практики. У попередній публікації А. Яланського та В. Харченка обґрунтовано рефлексивну функцію теоретичної складової мистецького дослідження [1]. Подальшого розгляду потребує конкретне питання: як ця функція відображається у кваліфікаційних вимогах і процедурах оцінювання?

Мета та завдання дослідження. Мета — визначити ризики нерівномірної регламентації письмової та художньої роботи у підготовці доктора мистецтва. Завдання: зіставити вимоги НАОМА до письмових робіт доктора мистецтва та доктора філософії; з’ясувати місце художніх джерел і авторської рефлексії; запропонувати критерії їх оцінювання.

Результати дослідження і їх обговорення. Порядок здобуття освітньо-творчого ступеня доктора мистецтва, затверджений постановою Кабінету Міністрів України № 865, передбачає поєднання дослідницької та творчої мистецької складових. Пункт 35 відносить визначення їхньої форми й обсягу до освітньо-творчої програми [2]. Тому співвідношення цих складових доцільно розглядати через конкретні програмні та методичні документи.

У НАОМА вимоги до наукового обґрунтування творчого проєкту, введені в дію 14 лютого 2025 року, спираються, зокрема, на наказ МОН № 40 про оформлення дисертацій. Документ визначає обсяг основного тексту в межах 3,5–5 авторських аркушів, передбачає формулювання наукової новизни, методів і практичного значення результатів, а також теоретичний, аналітичний і практичний розділи [3, пп. 1.2, 3.3, 4.8–4.9]. Для порівняння, ОНП «Теорія та

історія мистецтва» 2026 року встановлює для дисертації доктора філософії 6,25–7,5 авторського аркуша [4, с. 13]. Водночас ОТП доктора мистецтва 2025 року визначає 3–5 авторських аркушів [5, с. 16], тобто оприлюднені документи задають різні нижні межі обсягу. Письмова складова доктора мистецтва має менший обсяг, проте зберігає основні ознаки дисертаційного викладу.

Особливої уваги потребує пункт 1.4 вимог НАОМА: мистецький проєкт має наочно демонструвати результати наукового обґрунтування [3]. Таке формулювання задає напрям залежності від наукового результату до художнього втілення. На нашу думку, воно недостатньо розкриває зворотний зв'язок: як робота з матеріалом, формою та способом експонування породжує дослідницькі питання і змінює початкове розуміння проблеми. Зменшення кількості сторінок саме по собі цієї методологічної проблеми не усуває.

Водночас документи НАОМА містять підстави для розвитку рефлексивного підходу. Вимоги передбачають кураторську ідею, поетапне створення проєкту, обговорення проміжних результатів і документування завершеної роботи [3, пп. 2.5–2.8]. ОТП 2025 року визначає критичний аналіз художніх творів і оцінювання власної творчості серед компетентностей та результатів навчання [5, с. 10–11]. Отже, подальшого уточнення потребують способи фіксації й критерії оцінювання авторської рефлексії: як розпізнати її глибину, доказовість і внесок у розвиток художнього задуму.

Окремого уточнення потребує джерельна база мистецького дослідження. У пункті 4.11 вимог НАОМА регламентовано оформлення бібліографії, проте мінімум у сто позицій не встановлено [3, с. 9–10]. Цю кількість не можна подавати як норму зазначеного документа. Для художника джерелами є також оригінальні твори, виставки, просторові рішення та документація творчих процесів. Репродукція або каталог не завжди передають масштаб, матеріальність і умови сприйняття твору. Тому здобувачеві доцільно пояснювати спосіб ознайомлення з художніми джерелами та межі отриманого досвіду.

Пропонуємо запровадити обов'язковий аналітичний огляд художніх джерел із поясненням принципів їх добору. Його достатність має визначатися відповідністю дослідницькому питанню, глибиною зіставлення та можливістю обґрунтувати власний внесок. Універсальна норма кількості переглянутих проєктів лише створила б додатковий формальний показник. Для кожного залученого прикладу варто пояснювати, яке художнє завдання він допомагає осмислити, які рішення виявилися продуктивними та як їх переосмислено у власній практиці. Порівняння може стосуватися композиції, матеріалу, технології, способу експонування або взаємодії з глядачем.

Так само потребує визначених критеріїв авторська рефлексія. Флорентійські принципи докторської освіти в мистецтві передбачають поєднання оригінальних творів із дискурсивною складовою, яка критично осмислює проєкт і документує дослідницький процес [6]. Віденська декларація визначає мистецьке дослідження через художню практику високого рівня та рефлексію, визнаючи множинність форм представлення його результатів [7]. Ці положення дають

підстави оцінювати здатність автора пояснити розвиток задуму, випробувані можливості, причини перегляду рішень і зміст отриманого результату.

Рефлексивну роботу доцільно вести протягом усього творчого процесу. Її матеріалами можуть бути датовані ескізи, проби матеріалів, фотографії проміжних станів, робочі записи та коментовані відео. Вони мають допомогти пояснити підстави вибору, відхилені варіанти й зміни авторського задуму. Труднощі вербалізації художнього досвіду потребують педагогічної підтримки: семінарів із рефлексивного письма, спільних обговорень із творчим керівником і науковим консультантом, пояснень з опорою на візуальні матеріали. Вимоги до ясності аргументації, доброчесності та обґрунтованості висновків зберігаються.

В оцінюванні пропонуємо виокремити чотири взаємопов'язані критерії: обґрунтованість добору й аналізу художніх джерел; документованість творчого пошуку; критичність авторської рефлексії; переконливість зв'язку між дослідницьким питанням, художнім результатом і заявленим внеском. Експерт має змогу простежити, як кожне суттєве твердження підтверджується твором, матеріалами процесу та поясненням автора. Якість виконання твору залишається необхідною, але для докторського рівня потребує також розкриття того, яке нове розуміння здобуто завдяки дослідженню.

Висновки. Узгодження кваліфікаційних вимог із природою мистецького дослідження передбачає чіткий зв'язок усіх його складових. Обсяг бібліографії та тексту може виконувати допоміжну організаційну функцію. Змістовими підставами кваліфікаційного висновку мають бути художня переконливість проєкту, осмисленість роботи з джерелами, доказовість авторської рефлексії та значущість здобутого досвіду для професійного середовища. Саме ці критерії доцільно докладно визначати в освітньо-творчих програмах і методичних рекомендаціях.

Список використаних джерел

1. Яланський А. В., Харченко В. І. Теоретична складова мистецького дослідження в підготовці доктора мистецтва: від текстоцентричної моделі до рефлексії художньої практики. Мистецтво та освіта. 2026. № 2 (120). С. 62–67. DOI: 10.32405/2308-8885-2026-2(120)-62-67.
2. Про затвердження Порядку здобуття освітньо-творчого ступеня доктора мистецтва та навчання в асистентурі-стажуванні : постанова Кабінету Міністрів України від 24.10.2018 № 865 (зі змінами). Пункти 34–35. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/865-2018-п (дата звернення: 28.09.2026).
3. Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури. Вимоги з підготовки та оформлення наукового обґрунтування та творчого мистецького проєкту на здобуття освітньо-творчого ступеня доктора мистецтва. Київ, 2025. Введено в дію наказом ректора від 14.02.2025 № 25-од. URL: https://drive.google.com/file/d/1Qs_jvMwc5wSeQFI26Vyg7zEZVUTALgYT/view (дата звернення: 28.09.2026).

4. Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури. Освітньо-наукова програма «Теорія та історія мистецтва». Третій рівень вищої освіти. Київ, 2026. С. 13. URL: https://drive.google.com/file/d/1Zx4W-FGHh1hyZSHl6Eg1CdbOccKnZlhr/view (дата звернення: 28.09.2026).
5. Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури. Освітньо-творча програма «Образотворче та візуальне мистецтво». Третій рівень вищої освіти. Київ, 2025. С. 10–11, 16. URL: https://drive.google.com/file/d/1fTeCgnl_Ucc-Ikmmfm9dAfc2TJZoO4i9/view (дата звернення: 28.09.2026).
6. ELIA. The “Florence Principles” on the Doctorate in the Arts. 2016. URL: https://cdn.ymaws.com/elia-artschools.org/resource/resmgr/files/26-september-florence-princi.pdf (дата звернення: 28.09.2026).
7. The Vienna Declaration on Artistic Research. 2020. URL: https://cultureactioneurope.org/news/vienna-declaration-on-artistic-research/ (дата звернення: 28.09.2026).

ПОДОРОЖНІЙ ЕТЮД І ХУДОЖНЯ ПАМ’ЯТЬ: ТРАНСФОРМАЦІЯ БЕЗПОСЕРЕДНЬОГО ВРАЖЕННЯ У ЗАВЕРШЕНИЙ ОБРАЗ

Зорко Анатолій Єгорович
доцент
Титенко Опанас Михайлович
старший викладач
Кафедра живопису і композиції,
Національна академія образотворчого мистецтва і архітектури, Україна

Подорожній етюд посідає особливе місце у практиці живописця, оскільки виникає в умовах безпосереднього контакту з новим середовищем і фіксує не лише його візуальні характеристики, а й інтенсивність першого сприйняття. Зміна місця, незвичне освітлення, характер архітектури або природного ландшафту, ритм незнайомого міського простору загострюють увагу художника. У такій ситуації етюд стає формою швидкого відбору найсуттєвішого.

Метою дослідження є визначення ролі подорожнього етюду та художньої пам’яті у переході від безпосередньої фіксації натурного враження до створення завершеного живописного образу.

Робота над етюдом у подорожі має свої часові й просторові обмеження. Змінюється освітлення, рухається сонце, змінюється стан погоди, міське середовище перебуває у постійному русі. Художник не має можливості однаково детально зафіксувати всі складові побаченого. Це спонукає до відбору: визначення основних кольорових відношень, характеру світла, співвідношення великих мас, силуетів та ритмів.

Тому подорожній етюд не слід розглядати лише як зменшену або незавершену версію майбутньої картини. Він має самостійну функцію — зберігає структуру первинного художнього враження. Швидкість роботи часто змушує художника відмовлятися від другорядних подробиць і концентрувати увагу на тих характеристиках мотиву, які визначають його індивідуальність.

Особливого значення набуває часова дистанція між створенням етюду і подальшою роботою в майстерні. Після завершення подорожі безпосередня присутність натури зникає, однак зберігається її образ у пам'яті художника. При цьому пам'ять не відтворює побачене з фотографічною точністю. Частина деталей поступово втрачається, натомість окремі враження — колірний стан, світло, силует, характер простору або емоційне відчуття місця — можуть набувати більшого значення.

Сучасні дослідження візуальної пам'яті підтверджують її вибірковий характер. У процесі відтворення побаченої сцени різні компоненти зображення зберігаються неоднаково: окремі предметні деталі можуть втрачатися, тоді як просторова організація залишається стійкішою [5]. Дослідження художників і студентів мистецьких спеціальностей також засвідчують вищі показники вільного візуального відтворення, що дозволяє розглядати художню пам'ять як компетентність, яка розвивається внаслідок систематичної практики спостереження і зображення [3].

Саме ця вибірковість пам'яті є продуктивною для подальшої художньої роботи. Вона сприяє відокремленню суттєвого від випадкового. Те, що зберігається після певного часу, часто виявляється найбільш стійким компонентом образу місця.

Повертаючись до подорожнього матеріалу в майстерні, художник працює вже в іншій ситуації. Перед ним знаходиться етюд, рисунок, іноді фотографічна фіксація, проте відсутній сам мотив. Відповідно змінюється характер художнього завдання. Замість необхідності швидко реагувати на натуру виникає можливість аналізувати, відбирати та перебудовувати накопичений матеріал.

Етюд у цьому процесі виконує функцію візуального нагадування. Він повертає художника до конкретного стану освітлення, кольорових відношень та загального характеру побаченого. Водночас завершена робота не повинна бути механічним збільшенням етюду. Перехід до іншого формату потребує уточнення композиції, співвідношення мас, ритму, простору і колористичної структури.

У процесі такої трансформації можливе свідоме усунення деталей, зміщення композиційних акцентів, посилення певних кольорових відношень, зміна масштабу або поєднання спостережень, отриманих у різний час. Художник уже працює не безпосередньо з конкретним фрагментом натури, а з її внутрішньо сформованим образом. Рисунок і живопис у цьому сенсі виступають не лише засобом фіксації, а й інструментом організації внутрішнього образу, пам'яті та уявлення [2; 4].

Важливо розмежовувати функції етюду, фотографії та художньої пам'яті. Фотографія здатна зберегти значну кількість фактичної інформації, однак не фіксує тієї ієрархії вражень, яка виникла у художника під час безпосереднього

спостереження. Етюд уже містить первинний авторський відбір, оскільки колір, формат, характер мазка та ступінь узагальнення є результатом конкретного рішення художника.

Художня пам’ять здійснює наступний рівень такого відбору. Вона дозволяє повернутися не тільки до зовнішнього вигляду місця, а й до пережитого стану. Саме тому завершений твір, створений за матеріалами подорожі, може істотно відрізнятися від конкретного етюду і водночас точніше передавати характер пережитого враження.

У власній художній практиці важливим є збереження цієї дистанції між безпосереднім спостереженням і подальшим осмисленням матеріалу. Робота з натури дає відчуття конкретності кольору, світла і простору, тоді як робота в майстерні дозволяє звільнитися від випадкових подробиць і зосередитися на цілісності майбутнього образу.

Подорожній етюд у цьому контексті можна розглядати як проміжну ланку між натурним спостереженням та завершеним живописним твором. Він зберігає інтенсивність безпосередньої зустрічі з мотивом, однак не визначає остаточного результату. Подальша робота залежить від того, як художник переосмислює зібраний матеріал і наскільки здатний підпорядкувати його новому композиційному та образному завданню.

Таким чином, процес переходу від подорожнього етюду до завершеного твору охоплює кілька послідовних стадій: безпосереднє спостереження, первинний відбір у процесі етюдної роботи, збереження та трансформацію враження в художній пам’яті, повторне осмислення матеріалу і створення нового цілісного образу.

Художня пам’ять у цьому процесі виконує активну творчу функцію. Вона не лише зберігає побачене, а й здійснює його відбір, скорочення та переакцентування. Завдяки цьому подорожній етюд стає джерелом подальшого художнього пошуку, а завершений твір набуває самостійності щодо конкретної натурної ситуації.

Отже, цінність подорожнього етюду полягає не в повноті фіксації натури, а в точності переданого художнього враження. Часова дистанція та робота пам’яті дозволяють перевірити це враження на стійкість і перетворити його на матеріал для створення завершеного образу. Такий підхід сприяє переходу від документальної фіксації побаченого до авторської інтерпретації простору, стану та пережитого досвіду.

Ключові слова: подорожній етюд, пленер, художня пам’ять, живопис, натурне спостереження, художній образ, колір, візуальне сприйняття.

Список використаних джерел

1. Арнхейм Р. Мистецтво і візуальне сприйняття. Київ : Основи, 2001.
2. Bainbridge W. A. A tutorial on capturing mental representations through drawing and crowd-sourced scoring. Behavior Research Methods. 2022. Vol. 54. P. 663–675. DOI: 10.3758/s13428-021-01672-9.

3. Děchtěrenko F., Bainbridge W. A., Lukavský J. Visual free recall and recognition in art students and laypeople. Memory & Cognition. 2025. Vol. 53(1). P. 363–378. DOI: 10.3758/s13421-024-01607-7.
4. Fan J. E., Bainbridge W. A., Chamberlain R., Wammes J. D. Drawing as a versatile cognitive tool. Nature Reviews Psychology. 2023. Vol. 2. P. 556–568. DOI: 10.1038/s44159-023-00212-w.
5. Hall E. H., Bainbridge W. A., Baker C. I. Highly similar and competing visual scenes lead to diminished object but not spatial detail in memory drawings. Memory. 2022. Vol. 30(3). P. 279–292. DOI: 10.1080/09658211.2021.2010761.
6. Іттен Й. Мистецтво кольору. Київ : ArtHuss, 2018.
7. Богомазов О. Живопис та елементи. Київ : Мистецтво, 1996.

ФЕНОМЕН АКВАРЕЛІ В ПРОСТОРІ ОБРАЗОТВОРЧОГО МИСТЕЦТВА: ІСТОРИЧНИЙ ДИСКУРС ТА СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ

Вінтаєв Юрій Миколайович
професор
Кафедра живопису
Харківська державна академія дизайну і мистецтв, Україна

Анотація. У статті досліджено історичну еволюцію та сучасний стан акварельного живопису в системі образотворчого мистецтва. Проаналізовано процес трансформації акварелі від утилітарно-графічної техніки до самостійного станкового виду мистецтва. Особливу увагу приділено дихотомічній природі акварелі на межі живопису та графіки, а також специфіці її художньо-образної мови у творчості українських та світових майстрів.

Ключові слова: акварель, станковий живопис, графіка, художня мова, етюдизм, синергія, українське мистецтво.

Вступ. Водяна фарба — акварель — відома людству з давніх-давен, супроводжуючи розвиток візуальної культури від її першоджерел. Ще у Стародавньому Єгипті її легкі розчини використовували для розпису папірусів, фіксації сакральних текстів та ритуальних зображень. Нею послуговувалися й давньогрецькі майстри вазопису, створюючи витончені тональні нюанси на керамічних виробах. Протягом тривалого часу акварель слугувала основним матеріалом для ілюстраторів середньовічних книг, які прикрашали манускрипти вишуканими орнаментами та фігурами. Саме від латинської назви червоної фарби «мініум» (minium), що активно застосовувалася в текстовій графіці, походить найменування унікальних творів — «мініатюра».

Живопис аквареллю в сучасному розумінні як автономне художнє явище виник порівняно недавно — наприкінці XVIII — на початку XIX століття

(Антонович, 2021). До цього часу світовою практикою були вироблені певні методи та технічні прийоми, що врешті-решт забезпечили акварельному живопису розквіт і широке суспільне та професійне визнання. Акварельний живопис першої половини XIX століття набув значного поширення як мініатюра на папері, тривалий час зберігаючи естетичні якості, властиві класичній мініатюрі на кістці та емалі: тонкий, майже математично точний малюнок, ретельне моделювання форми й деталей дрібними, ледь помітними штрихами та крапками, а також особливу чистоту, свіжість і соковитість барв.

На початку XIX століття видатні майстри акварелі працювали в Англії (В. Тернер, Р. Бонінгтон, Дж. Констебл), де сформувалася потужна національна школа, яка першою визнала самоцінність водяних фарб (Smith, 2023). У Франції до цього матеріалу зверталися такі титани, як О. Дом'є, Т. Жеріко, Е. Делакруа, використовуючи акварель для динамічних замальовок та експресивних композицій.

Вагомий внесок у розвиток акварельної традиції зробили майстри в Україні, серед яких особливе місце посідають Т. Шевченко, Л. Жемчужников, І. Соколов, К. Трутовський, С. Васильківський. Сьогодні важко пригадати митця, який би не звертався до техніки акварелі для виконання швидких натурних етюдів, академічного живопису або фіксації миттєвих вражень у творчих пленерних подорожах (Деркач & Гальченко, 2015).

Мета і завдання дослідження. Метою цієї роботи є всебічне визначення мистецького статусу акварелі в контексті її історичного розвитку, а також детальний аналіз специфіки її функціонування у сучасному глобалізованому арт-просторі. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- Простежити складний історичний шлях відокремлення акварелі від суто прикладних, допоміжних чи ілюстративних художніх завдань;
- Розглянути теоретичні й дискусійні питання її класифікації в сучасному мистецтвознавстві;
- Розкрити унікальний технічний та колористичний потенціал акварельних технік у процесі втілення цілісної художньо-образної концепції картини.

Результати дослідження та їх обговорення. Історико-мистецький аналіз засвідчує, що спочатку акварель розглядалася художньою спільнотою дихотомічно — одночасно і як самостійний вид мистецтва, і як прикладна техніка (Інститут проблем сучасного мистецтва [ІПСМ], 2018). Через простоту транспортування та швидкість висихання акварель охоче й активно застосовували у своїх роботах художники-графіки, архітектори, топографи та художники в пленерних етюдах. Проте поступово, в процесі внутрішньої художньої еволюції, вона остаточно відокремилася від свого виключно утилітарного призначення (ілюстрування книг, створення плакатів, карикатур, театральної сценографії тощо). Акварель яскраво виявила свою суто станкову природу і впевнено визначилася як самостійний, «самоцінний» вид мистецтва XX — XXI століття, що володіє власним унікальним інструментарієм та філософією.

Коротка біографія сучасної акварелі є досить самобутньою, автентичною та багато в чому несинхронною з тими глобальними процесами, що відбувалися як у класичному олійному живописі, так і в чистій друкованій чи оригінальній графіці. Протягом останнього століття акварель прагнула пізнати саму себе, послідовно вирішувала власні нагальні й конкретні художні завдання. Найперше з них — це тотальне освоєння технологічної специфіки матеріалу, плавна еволюція від допоміжного, декоративного підфарбовування контурного малюнка й учнівського копіювання до вищої форми професійної живописної зрілості та концептуалізму.

Цей процес самоідентифікації вимагав від майстрів кардинальної зміни ставлення до самої природи паперової основи та водного пігменту. Художники поступово відмовлялися від жорсткого графічного диктату лінії, дозволяючи колірній плямі вільно розгортатися у просторі аркуша (Волковський, 2016). Особливого значення набуло розуміння світлоносності паперу, який перестав бути просто тлом, а перетворився на активний художній елемент, що випромінює внутрішнє світло крізь прозорі шари фарби. Водночас відбувався складний синтез класичних лесувальних методик із радикальними експресивними техніками, де випадкові ефекти розмивів ставали свідомим концептуальним вираженням задуму. Акварель довела свою здатність трансформувати випадковість у закономірність, підпорядковуючи стихійний рух води чіткій авторській волі. Зрештою, це дозволило їй подолати рамки камерного жанру та вийти на рівень монументально-образного узагальнення, еквівалентного великим полотнам олійного живопису.

Величезний поштовх розвитку технічних можливостей акварелі та розширенню її образних меж дав так званий «етюдизм». Цей художній рух активно розгорнувся в середині XX століття на пострадянському просторі, зокрема в Україні, в часи масштабних індустріальних новобудов та освоєння нових географічних просторів, коли художники масово виїжджали на пленери. Результати цього потужного руху дозволили організувати масштабні республіканські та міжнародні виставки акварельного живопису. Ці експозиції наочно підтвердили, що акварель являє собою складну, багатошарову та поліфонічну художню структуру.

Яскравим свідченням цього є багата творча спадщина майстрів-корифеїв української акварелі: О. Шовкуненка, М. Глущенка, С. Григор'єва, Я. Басова, О. Артамонова та багатьох інших. Кожен із них приніс у цей матеріал власне бачення світлоповітряного середовища. Подальше прагнення митців відійти від суто камерного, етюдного формату спричинило глибокі експериментальні пошуки в творчих майстернях. Як наслідок, традиційні акварелі-етюди поступово переросли у повноцінні акварелі-картини.

У даному контексті мова йде про максимальне розкриття її унікального внутрішнього потенціалу у втіленні складних художньо-образних, філософських та монументальних концепцій картини (ІПСМ, 2018). Такими є психологічно глибокі портрети О. Шовкуненка, концептуальні полотна А. Коцки, С. Луньова,

Є. Карциганова. Експериментуючи з хімічними та фізичними властивостями матеріалів, українські майстри виробили власні авторські рецептури: сміливе поєднання акварелі з милом для створення фактурних розмивів, використання бджолиного воску для резервації чистих ділянок паперу, застосування набризку, проскрябування та дифузних накладень фарби.

Варто зазначити, що у сучасному мистецтвознавстві досі тривають палкі дискусії щодо теоретичної класифікації акварелі — відносити її до живопису чи до графіки. За старою академічною, суто формальною традицією її часто вважають графікою, оскільки основним субстратом та матеріальною основою для твору виступає паперовий аркуш, а не полотно чи дошка. Але художню умовність акварелі суттєво посилюють її імманентна, природою закладена прозорість, крізь яку завжди активно просвічує білизна та унікальна текстура паперу, а також витончені мальовничі розмиви, випадкові підтікання та дифузія пігментів у водному середовищі.

Вона абсолютно непередбачувана у своїх миттєвих ефектах, особливо в класичній техніці «по-сирому» (а-ля прима), де безпосередньо в процесі роботи відбувається дивовижна синергія свідомої творчості митця та непідвладної водяної стихії. Акварельні твори за своєю природою є абсолютно унікальними та аутентичними. Художник ніколи не зможе зробити точну, ідентичну авторську копію власної роботи, оскільки спонтанний, миттєвий рух води на паперовому аркуші під час висихання повторити фізично неможливо.

Художня мова акварелі докорінно відрізняється від щільної, пастозної мови олійного чи акрилового живопису. Проте ще істотнішою і принциповою є її відмінність від суто графічної мови (лінії, штриха, плями), адже в основі акварельного мистецтва лежить колір, його взаємовідносини та вирішення найскладніших колористичних завдань (Іттен, 2022). Акварель активно презентує світові неперевершену живописну красу, багатство вальорів та особливу, притаманну лише їй поліфонію колірного звучання (Волковський, 2016). Завдяки цій внутрішній багатогранності та живописній силі, акварель сьогодні концептуально самовизначилася саме як самостійний живопис.

Висновки. Висока інтенсивність складних творчих та технологічних процесів, «пережитих» аквареллю протягом XX та початку XXI століття, стала прямим вираженням духовного й професійного зростання митців: від перших кроків і несміливих спроб — до високої академічної майстерності, від пасивної фіксації навколишньої натури — до створення складного, глибокого світу художніх образів.

У сучасній мистецькій практиці акварель постає лабільною та експресивною технікою, здатною миттєво транслювати пластичний рух руки майстра, його емоції та філософські рефлексії у візуальні образи. Наразі феномен акварелі як унікального соціокультурного та художнього явища до кінця ще не розкритий, а сучасні українські та світові майстри продовжують щоденно збагачувати її візуальну мову, практично доводячи абсолютну безкінечність та невичерпність меж цього дивовижного матеріалу.

Список використаних джерел

1. Antonovych, V. K. (Ed.). (2021). Ukrainskyi akvarelnyi zhyvopys: istoriia ta suchasnist [Ukrainian watercolor painting: History and modernity]. Mystetstvo.
2. Itten, Yo. (2022). Mystetstvo kolioru [The art of color] (O. Plaksii, Ed.). ArtHuss.
3. Institute for Problems of Contemporary Art of the National Academy of Arts of Ukraine. (2018). Suchasne mystetstvo: Naukovyi zbirnyk [Contemporary art: Scientific collection] (Iss. XIV). IPSM NAM Ukrainy.
4. Smith, J. (2023). Techniques and aesthetics of watercolor painting. Art History Review, 15(3), 112–125.
5. Volkovskyi, M. (2016). Kolir v zhyvopysi [Color in painting]. Vydavnytstvo V. Shevchuk.

Section: Automation and Robotics

БІОНІЧНІ ЕКЗОСКЕЛЕТИ: КОНСТРУКЦІЯ, ПРИНЦИП ДІЇ ТА СФЕРИ ЗАСТОСУВАННЯ

Суботін Олег
к.т.н., доцент
Новіков Дмитро
аспірант
Кафедра «Автоматизація виробничих процесів»
Донбаська державна машинобудівна академія, Україна
Новікова Наталія
Викладач-методист
ЦК загальноосвітніх дисциплін та природничо-наукової підготовки
Відокремлений структурний підрозділ
«Донбаський аграрний фаховий коледж
Східноукраїнського національного університету ім. Даля»
Пасько Марина Миколаївна
викладач вищої категорії
ВСП «Маріупольський політехнічний фаховий коледж»
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Анотація. У статті розглянуто сучасні біонічні екзоскелети як перспективний напрям розвитку робототехніки, біомеханіки та людино-машинної взаємодії. Проаналізовано конструктивні особливості екзоскелетів, принципи їх функціонування, основні типи приводів, сенсорних систем і алгоритмів керування. Встановлено, що сучасний екзоскелет є складною мехатронною системою, яка поєднує механічний каркас, електроприводи або пасивні механізми, датчики руху та сили, блок керування, джерело живлення і систему взаємодії з користувачем. Розглянуто активні, пасивні, жорсткі та м'які конструкції екзоскелетів, а також їх застосування у медицині, реабілітації, промисловості, логістиці та для підтримки повсякденної рухової активності. Визначено основні переваги технології та проблеми її подальшого розвитку, серед яких маса пристрою, автономність, безпека, комфорт, адаптація до індивідуальної біомеханіки людини та вдосконалення систем керування.

Ключові слова: біонічний екзоскелет, робототехніка, біомеханіка, мехатроніка, носимі роботи, сенсори, приводи, реабілітація, штучний інтелект, людино-машинна взаємодія.

Вступ. Розвиток робототехніки поступово зміщує акцент від автономних промислових роботів до систем, які безпосередньо взаємодіють із людиною. Одним із найбільш перспективних напрямів такого розвитку є носимі роботизовані системи, зокрема біонічні екзоскелети. Екзоскелет являє собою

пристрій, який розміщується на тілі людини та функціонально взаємодіє з її опорно-руховим апаратом. Такі системи можуть компенсувати недостатню силу м'язів, підтримувати рухи окремих кінцівок, зменшувати фізичне навантаження або сприяти відновленню рухових функцій [1].

Термін «біонічний» у контексті екзоскелетів підкреслює використання принципів біомеханіки людини. Конструкція такого пристрою має враховувати природні траєкторії руху кінцівок, положення суглобів, швидкість і фазу руху, м'язову активність та взаємодію людини з навколишнім середовищем. Тому сучасний екзоскелет є не просто механічним каркасом, а комплексною кіберфізичною системою, у якій механічні, електронні та програмні компоненти працюють спільно.

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є аналіз конструкції, принципів дії та основних сфер застосування сучасних біонічних екзоскелетів, а також визначення перспективних напрямів їх подальшого технологічного розвитку. Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання: проаналізувати основні конструктивні компоненти біонічних екзоскелетів; охарактеризувати принцип їх функціонування та способи взаємодії з людиною; розглянути основні типи приводів і сенсорів; визначити ключові сфери практичного застосування екзоскелетів; проаналізувати переваги, обмеження та перспективи розвитку технології.

Результати дослідження та їх обговорення. Конструкція біонічного екзоскелета формується з декількох функціонально пов'язаних підсистем. До основних належать механічна конструкція, система приводів, сенсорна система, блок керування, джерело живлення та елементи кріплення до тіла людини. У сучасних дослідженнях [2, с. 119] сенсори та приводи визначаються як два фундаментальні компоненти, що забезпечують функціонування носимого робота. Механічний каркас екзоскелета повторює анатомічну структуру відповідної частини тіла. Для нижніх кінцівок він може включати тазову частину, елементи стегна та гомілки, шарніри в ділянці коліна і тазостегнового суглоба, а також механізми підтримки стопи. Для верхніх кінцівок конструкція може охоплювати плечовий, ліктьовий та кистьовий сегменти. Основним завданням каркаса є передача механічних зусиль і узгодження руху робота з рухом людини.

За конструктивним принципом екзоскелети можуть бути жорсткими та м'якими. Перевагою м'яких систем є менша маса та можливість більш природної взаємодії з тілом людини, хоча їхня здатність створювати великі підтримувальні моменти може бути нижчою, ніж у жорстких конструкцій. Також, важливим елементом є система кріплення. Вона повинна забезпечувати надійну передачу зусиль, але водночас не створювати надмірного тиску на тіло користувача.

За принципом створення допоміжного зусилля екзоскелети поділяють на пасивні та активні. Пасивні конструкції не використовують електродвигуни для безпосереднього створення руху. Активні екзоскелети обладнані приводами, які генерують додатковий момент у суглобах. Найчастіше застосовуються

електродвигуни з редукторами, хоча досліджуються також пневматичні, гідравлічні та інші типи приводів. Вибір приводу визначається необхідною потужністю, швидкістю реакції, масою, рівнем шуму, енергоефективністю та характером завдання.

Принцип роботи біонічного екзоскелета можна представити як замкнений цикл «людина — сенсори — система керування — приводи — рух — зворотний зв'язок» [2, с. 119]. Спочатку сенсори фіксують положення кінцівок, швидкість руху, сили взаємодії або інші параметри. Система керування аналізує отриману інформацію та визначає необхідну величину допомоги. Після цього приводи створюють відповідний механічний вплив, а сенсори знову реєструють результат. Такий цикл повторюється протягом усього руху.

Особливого значення набуває визначення наміру користувача. Для цього можуть застосовуватися інерціальні вимірювальні модулі, датчики кута, сили та тиску, а також електроміографічні сенсори, які реєструють електричну активність м'язів. Таким чином, біонічний екзоскелет не повинен просто примусово переміщувати кінцівку [3, с. 144]. Його завдання полягає в узгодженні роботи механічної системи з природною руховою активністю людини. У сучасних дослідженнях усе більше уваги приділяється адаптивному керуванню, за якого рівень підтримки змінюється залежно від рухової ситуації та індивідуальних потреб користувача. Нові підходи також передбачають використання машинного навчання для розпізнавання наміру руху та автоматичного налаштування допомоги [3, с. 146].

Однією з найважливіших сфер застосування екзоскелетів є медицина та реабілітація. Роботизовані системи можуть використовуватися для тренування ходьби людей із порушеннями рухових функцій, зокрема після інсульту, травм спинного мозку та інших неврологічних захворювань. Екзоскелет забезпечує повторювані та контрольовані рухи, що дозволяє організовувати інтенсивні тренувальні процедури. Сучасні системи можуть підтримувати рухи в тазостегновому, колінному та гомілковостопному суглобах.

Іншим напрямом є компенсація рухових порушень у повсякденному житті. Екзоскелет може допомагати користувачеві стояти, ходити або виконувати інші рухові операції. Для таких систем важливими є автономність, невелика маса, безпечність і можливість тривалої експлуатації.

Значний потенціал мають екзоскелети у промисловості та логістиці. Працівники можуть використовувати їх під час перенесення вантажів, тривалої роботи в нахиленому положенні, виконання операцій над головою та інших фізично навантажених завдань. Дослідження конструкцій для перенесення вантажів показують, що екзоскелети можуть використовувати різні принципи розподілу навантаження: через суглобові моменти, перенесення навантаження на землю або між різними сегментами тіла.

Перспективною є також сфера профілактики професійного перевантаження. Екзоскелет може частково компенсувати навантаження на спину, плечі або нижні кінцівки, зменшуючи фізичні зусилля під час повторюваних операцій. При

цьому ефективність конкретного пристрою залежить від характеру роботи, антропометричних характеристик користувача та правильної адаптації системи.

Ще одним напрямом є військова та спеціальна робототехніка, де екзоскелети потенційно можуть використовуватися для підтримки людини під час перенесення обладнання або роботи в умовах значного фізичного навантаження. Історично саме завдання збільшення вантажопідйомності та зменшення фізичних витрат людини стали одним із напрямів розвитку нижньокінцівкових екзоскелетів.

До основних переваг біонічних екзоскелетів належать можливість фізичної підтримки людини, компенсація недостатньої сили, підвищення витривалості, створення контрольованих умов реабілітації та потенційне зниження фізичного навантаження під час професійної діяльності.

Водночас технологія має низку обмежень. Однією з головних проблем залишається співвідношення між масою системи та величиною допоміжного зусилля. Додаткові акумулятори, електродвигуни, редуктори та конструктивні елементи збільшують масу пристрою. У результаті сам екзоскелет може створювати додаткове навантаження для користувача. Дослідники також виділяють проблеми сенсорики, приводу, механічного компонування, інтерфейсу з тілом, керування та адаптації системи до користувача. Іншою важливою проблемою є енергетична автономність. Активні екзоскелети потребують джерела живлення, а збільшення ємності акумулятора безпосередньо впливає на масу системи. Тому перспективними є енергоефективні приводи, рекуперація механічної енергії, пасивні механізми та оптимізовані алгоритми керування.

Безпека є критично важливою через безпосередній фізичний контакт робота з людиною. Системи повинні передбачати контроль надмірних зусиль, аварійне відключення приводів, обмеження небезпечних траєкторій і надійне механічне кріплення. Міжнародні стандарти робототехніки приділяють значну увагу ризикам, пов'язаним із фізичним контактом людини та робота; зокрема, ISO 13482 визначає вимоги безпеки для сервісних роботів, а оновлена редакція стандарту перебуває у процесі розроблення.

Перспективним напрямом є поєднання жорстких і м'яких конструкцій. Такі гібридні системи можуть забезпечувати необхідну механічну підтримку одночасно зі зменшенням маси та підвищенням комфорту. У перспективі значного розвитку можуть набути інтелектуальні екзоскелети, які здатні автоматично визначати тип діяльності людини, оцінювати її руховий стан і змінювати рівень підтримки. Поєднання сенсорних технологій, штучного інтелекту, машинного навчання та біомеханічного моделювання створює основу для персоналізованих систем «людина — робот».

Висновки.Проведене дослідження показало, що біонічні екзоскелети є складними мехатронними системами, які поєднують механічну конструкцію, приводи, сенсори, систему керування та джерело живлення. Їхньою

принциповою особливістю є безпосередня взаємодія з опорно-руховим апаратом людини та орієнтація на підтримку природної біомеханіки рухів.

За конструктивними та функціональними характеристиками екзоскелети можуть бути жорсткими або м'якими, активними або пасивними, призначеними для нижніх або верхніх кінцівок. Активні системи здатні створювати додаткові механічні зусилля за допомогою приводів, тоді як пасивні використовують механічні елементи для перерозподілу або накопичення енергії. Ефективність активних екзоскелетів значною мірою визначається якістю сенсорної системи та алгоритмів керування.

Основними сферами застосування біонічних екзоскелетів є медична реабілітація, допомога людям із порушеннями рухових функцій, промисловість, логістика, професійна діяльність із підвищеним фізичним навантаженням та спеціальні сфери використання. У медицині вони можуть забезпечувати повторюване та контрольоване тренування рухів, а в промисловості — зменшувати фізичне навантаження під час виконання певних операцій.

Подальший розвиток біонічних екзоскелетів пов'язаний із підвищенням енергоефективності, зменшенням маси, удосконаленням сенсорів, розвитком м'яких матеріалів та інтелектуальних алгоритмів керування. Особливе значення матиме створення персоналізованих систем, які зможуть у режимі реального часу визначати намір користувача та адаптувати рівень допомоги до його рухів.

Список використаних джерел

1. Bai, S., Christensen, S., & others. (2026). Exoskeleton robotics: From rigid structures to bio-integrated systems. Bioengineering & Translational Medicine.
2. Del-Ama, A. J., Gil-Agudo, Á., Pons, J. L., & Moreno, J. C. (2012). Hybrid FES-robot cooperative systems: A review of the state of the art and future directions. Frontiers in Neuroscience, 6, 119.
3. Dollar, A. M., & Herr, H. (2008). Lower extremity exoskeletons and active orthoses: Challenges and state-of-the-art. IEEE Transactions on Robotics, 24(1), 144–158.
4. Gull, M. A., Bai, S., & Bak, T. (2020). A review on design of upper limb exoskeletons. Robotics, 9(1), 16.
5. Kazerooni, H., Racine, J. L., Huang, L., & Steger, R. (2005). On the control of the Berkeley lower extremity exoskeleton (BLEEX). In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (pp. 4353–4360).

CURRENT STATE OF AUTOMATION OF MULTI-STAGE PROCESS WATER TREATMENT

Zamikhovska Olena
PhD in Engineering, Associate Professor
Romaniuk Andrii
PhD student
Department of Information and Telecommunication Technologies and Systems
Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

Abstract. The paper examines the current state of automation of multi-stage water treatment in order to find ways to make water quality control more timely. The problem is considered from three perspectives: water treatment technologies, automation tools for water treatment systems, and methods for detecting water pollutants, in particular surfactants. On this basis, current methods and tools for automating multi-stage process water treatment are analysed. Treatment technologies are grouped according to the controlled parameters and the extent to which these parameters can be measured on-line. It is shown that existing automation systems mainly monitor hydraulic and general physicochemical indicators, while the surfactant content is still determined by laboratory methods with a considerable delay. Methods for surfactant determination are reviewed, and it is found that tensiometric methods, unlike chromatographic and spectrophotometric ones, require neither reagents nor complex sample preparation and produce a signal suitable for automatic processing. The current state of the pulsating meniscus method (PMM) is considered; this method makes it possible to determine dynamic and equilibrium surface tension while surfactant adsorption continues without interruption. It is shown that mathematical models, a measurement algorithm and computer-controlled laboratory instruments have been developed for the PMM, but its operation as part of a treatment process loop has not yet been studied. A prospective structure of a cyber-physical system for automated multi-stage process water treatment is proposed, and the use of the PMM as its measuring channel is substantiated.

Keywords: process water, multi-stage treatment, automation, on-line control, surfactants, surface tension, pulsating meniscus method, cyber-physical system.

Problem statement. The need for rational use of water resources has led industrial enterprises to introduce closed-loop water supply and to reuse process water. In such systems, the required water quality is achieved through a sequence of treatment stages, each designed to remove a particular group of pollutants [1].

The composition of process water entering treatment changes over time depending on the operating modes of process equipment, and disturbances that arise at one stage are passed on to the following stages [2]. Under these conditions, treatment efficiency depends not only on the design of the treatment scheme but also on the ability of the control system to adjust the operation of each stage to the actual state of the water in good time.

Such adjustment is difficult because many water quality indicators are still determined by laboratory methods. The time between sampling and obtaining the result ranges from tens of minutes to several days, so these data cannot be used for real-time control [3]. The content of organic pollutants, in particular surfactants, is the least covered by on-line control, since standard methods for their determination involve extraction, preconcentration and instrumental analysis [4], [5].

Therefore, an important scientific and practical task is to develop methods for on-line surfactant control that can be integrated into automated control systems for process water treatment. Solving this task will help to improve the efficiency of industrial water treatment systems and to reduce the anthropogenic load on water bodies.

Aim. To substantiate the use of the pulsating meniscus method (PMM) as a measuring channel of an automated multi-stage process water treatment system on the basis of an analysis of current treatment technologies, automation tools and methods of on-line water quality control.

To achieve this aim, the following tasks were set: to classify multi-stage treatment technologies according to the controlled parameters; to analyse current automation tools and levels of water quality control; to assess the state of development of the PMM and its place among methods for surfactant determination; and to define the structure of a cyber-physical treatment control loop that uses this method.

Analysis of recent research and publications. Achieving the aim of the paper requires a review of three interrelated areas: treatment technologies, automation tools for water treatment systems, and methods of surfactant control.

Industrial wastewater treatment technologies are classified in review [1], which shows that the choice of a combination of physical, chemical and biological methods depends on the characteristics of the effluent and on economic constraints. It is noted that membrane processes provide water quality sufficient for reuse but are prone to membrane fouling and are relatively expensive, while adsorption on activated carbon involves high sorbent regeneration costs [1].

The development of instrumentation, control and automation (ICA) in the water sector is reviewed in [2], [6]. It is shown that the need for ICA arises mainly from disturbances that come with the incoming water or occur at individual stages and then spread through the treatment scheme [2]. At the same time, ICA is mostly introduced within separate subsystems, while plant-wide integration is still at an early stage [6]. An analysis of data processing methods used at treatment plants [7] shows that the accumulated data are not used to their full extent and are non-stationary and autocorrelated, and that operating modes are often adjusted by the operator on the basis of SCADA data combined with laboratory results. The potential of digital twins, which combine mathematical modelling with real-time data and feedback, is discussed in [8].

Study [3] compares laboratory methods of water quality control with real-time methods. It was found that on-line methods reduce the delay in obtaining information but require regular maintenance and are not always accepted by regulatory authorities. The only on-line tools for surfactant control listed in [3] are electrochemical sensors.

The need for simple automated methods of surfactant determination is also emphasised in review [5].

Tensiometric control of surfactants is based on their ability to adsorb at the phase boundary and to lower surface tension [4]. The maximum bubble pressure method (MBPM) allows dynamic surface tension to be measured over a wide range of surface ages, but aerodynamic and hydrodynamic effects have to be taken into account [9]. Methodological errors of MBPM calculation procedures are analysed in [10], and an automated instrument based on the ring detachment method is described in [11].

The theoretical principles of determining the concentration of organic substances in an aqueous medium using the PMM are presented in [12]. The results of studying the features of measuring the dynamic surface tension of aqueous surfactant solutions by this method are given in [13]. A method and an instrument for controlling surfactant concentration from equilibrium surface tension were developed in [14]; an algorithm for determining dynamic surface tension with computer control of the measurement process is described in [15]; and [16] presents a software algorithm for a system that monitors the concentration of organic pollutants in water bodies.

The review shows that research on water treatment automation and research on surfactant tensiometry are developing separately. Automation studies rely on existing measuring channels and hardly consider on-line surfactant control, whereas tensiometric studies remain at the laboratory level and do not consider integrating the measuring device into the treatment control loop. Several questions remain open: how the PMM performs in process water, how its measuring signal should be interpreted to assess the state of the water, and how the measurement results can be used to select treatment modes automatically.

Multi-stage treatment technologies as an object of automation. A treatment scheme usually includes preliminary, primary, secondary and tertiary stages [1]. Coarse impurities and sand are removed at the preliminary stage; suspended solids, fats and oils at the primary stage (sedimentation, dissolved air flotation); dissolved organic matter at the secondary stage by biological methods; and at the tertiary stage the water is polished to meet the requirements for reuse or discharge [1]. From the automation point of view, it is convenient to describe each stage by the set of parameters used for its monitoring and control (Table 1).

Table 1 – Characteristics of process water treatment stages from the automation point of view [1], [3]

Stage (technology)	Main pollutants	Controlled parameters	Availability of on-line control
Mechanical treatment, filtration	coarse impurities, suspended solids	turbidity, pressure drop, flow rate	high
Coagulation, flocculation, sedimentation	colloidal and suspended solids	turbidity, pH, reagent dose	medium
Flotation	suspended solids, fats, oils	turbidity, air flow rate	medium

Continuation of the table 1

Stage (technology)	Main pollutants	Controlled parameters	Availability of on-line control
Adsorption treatment	dissolved organic matter	organic indicators at the inlet and outlet	low
Membrane processes	salts, organic matter, microorganisms	pressure drop, electrical conductivity, permeate flow	high for hydraulic parameters
Biological treatment	biodegradable organic matter, nitrogen compounds	dissolved oxygen, ammonium, nitrates	high for aeration
Disinfection	microorganisms	residual chlorine, UV dose	high

Table 1 shows that hydraulic and general physicochemical parameters are measured by standard on-line instruments, whereas for the stages that remove dissolved organic matter on-line information on water composition is usually not available. Since no single technology can remove the whole range of pollutants [1], it is reasonable to use a sequence of stages, some of which are switched on or readjusted depending on the actual water composition. This approach is feasible only if the content of the pollutants targeted by these stages is monitored on-line.

Automation tools and levels of water quality control. Automation of water treatment plants is based on programmable logic controllers (PLC) and supervisory control and data acquisition (SCADA) systems, which control pumps, valves and dosing equipment. The use of ICA improves plant performance and reduces operating costs [6]. Further development is associated with the Internet of Things (IoT), soft sensors and machine learning [3], as well as with digital twins of treatment processes [8].

A distinction should be made between automated monitoring, which is used to assess the state of the water, and automated control, which generates control actions on the process. Adding more measuring channels does not in itself provide intelligent control: this also requires a model linking the measured parameters with the control actions and a decision-making algorithm. As shown in [7], many decisions on changing operating modes are still made by the operator.

Depending on where and when measurements are taken, the following types of control are distinguished: laboratory control, control near the sampling point, automatic control on a bypass line, and in-line control directly in the flow [3]. Laboratory methods are the most reliable and are accepted by regulators, but they involve a considerable delay; for example, the analysis of a prepared sample for surfactants takes more than 30 min, not counting sampling and transport [3]. On-line and in-line instruments provide results quickly but require regular calibration and maintenance, and optical sensors are prone to fouling of their working surfaces [3]. The fact that [3] lists only potentiometric and conductometric sensors among on-line tools for surfactant control indicates that this measuring channel is still poorly developed.

Pulsating meniscus method as a tool for on-line surfactant control. Surfactants are amphiphilic compounds that adsorb at the phase boundary and reduce surface tension [4]. Surface tension is therefore an informative quantity for assessing surfactant content in water, and its dynamic component reflects the adsorption kinetics [9].

The PMM is based on the method of maximum pressure in a gas meniscus. When gas is supplied through a capillary immersed in a liquid, the pressure in the meniscus passes through a maximum whose value is related to surface tension. To a first approximation, this relationship is described by the Laplace equation:

$$\sigma = \frac{r\Delta P_{max}}{2}, \quad (1)$$

where σ is the surface tension, N/m; r is the capillary radius, m; ΔP_{max} is the maximum excess pressure in the meniscus, Pa. To improve accuracy, procedures that take into account the deviation of the meniscus shape from a sphere are used; their methodological errors are analysed in [10].

Unlike the classical MBPM, in the PMM the meniscus is made to pulsate near the pressure maximum by direct and reverse gas supply, and the value of this maximum uniquely determines the surface tension in each cycle [14], [15]. After reaching the maximum, the meniscus does not detach from the capillary but passes into a new stable equilibrium state, so surfactant adsorption at the surface is not interrupted [15]. According to the developers of the method, this makes it possible to combine the accuracy of the MBPM with the speed of the sessile drop method [15].

For the PMM, a mathematical model of meniscus pulsation in a system with a fixed amount of gas has been developed [15], and the features of measuring the dynamic surface tension of aqueous surfactant solutions have been considered at the methodological, instrumental and computational levels [13]. Calibration curves for determining surfactant concentration in aqueous solutions from equilibrium surface tension have been obtained, and the VKR-1 instrument has been built; its performance was confirmed by laboratory and field tests [14]. In this instrument, the measurement process is controlled by a personal computer via an NI USB-6009 data acquisition device, and the results are processed by a virtual instrument developed in LabVIEW.

However, the reviewed publications provide no data on the operation of a PMM transducer in flow-through mode, on the effect of suspended solids, mineralisation and temperature of process water on the stability of the results, or on the use of these results for process control. Therefore, at present the PMM should be regarded as a laboratory method with digital control, and its use as an embedded measuring channel still requires experimental confirmation.

One limitation of the method is the integral nature of the measured quantity: surface tension reflects the combined effect of all surface-active impurities and does not allow individual substances to be identified. In addition, aerodynamic and hydrodynamic effects, as well as capillary geometry, are significant for methods based on measuring pressure in a meniscus [9].

Cyber-physical approach to treatment control. To enable timely control of the water treatment process using the PMM, the authors propose the cyber-physical system structure shown in Figure 1. A cyber-physical system is understood as a system in which computational and physical components are integrated so that they form a single interaction loop [17]. For multi-stage process water treatment, this means that the measurement results, after digital processing, are used to make decisions on the operating modes and the set of treatment stages, and the effect of these decisions is checked by repeated measurement.

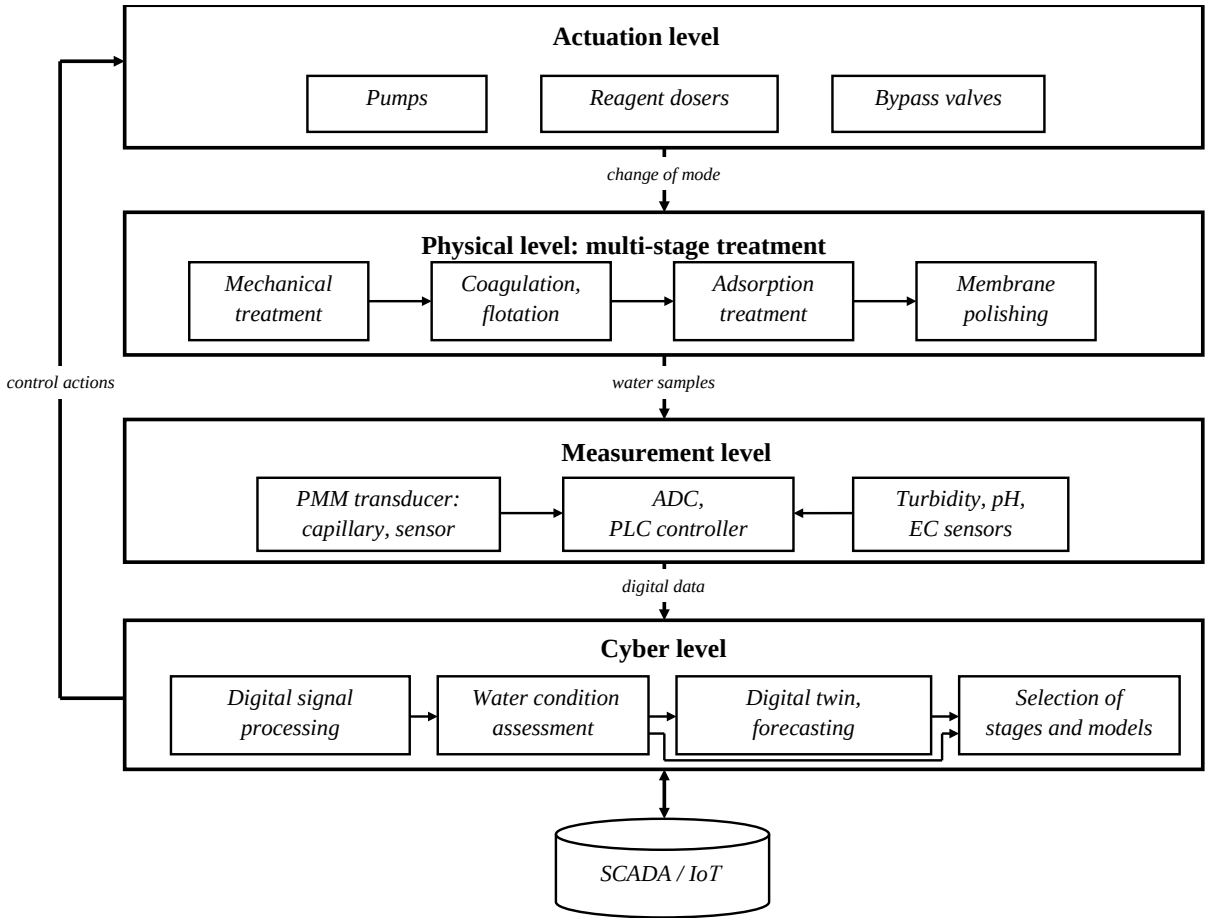


Figure 1. General structure of the cyber-physical control loop for multi-stage process water treatment

The structure includes the actuation, physical, measurement and cyber levels connected by a closed information loop. At the measurement level, the PMM transducer adds information on surfactant content to the data of standard sensors; for this parameter, other on-line control tools are practically unavailable. Measurement results are transferred to a SCADA or IoT platform, where a data archive is formed for forecasting and optimising operating modes. A digital twin of the process can be used to test control decisions before they are applied to the plant [8]. The proposed structure is conceptual and defines the direction of further research.

Implementation of the cyber-physical approach involves a number of functional tasks: adaptive selection and switching of treatment stages, assessment of the

performance of each stage from repeated measurements, detection of faults in equipment and measuring channels, and forecasting of water quality indicators from archived data [7], [8].

Conclusions.

The analysis of current automated multi-stage process water treatment systems has shown that the available control tools mainly measure hydraulic and general physicochemical parameters, while on-line information on the content of dissolved organic matter at individual treatment stages remains limited. This reduces the possibilities for adaptive selection of the sequence and operating modes of treatment stages.

Surfactant control has been found to be the most problematic in terms of on-line measurement. Conventional methods for their determination require sampling, sample preparation and laboratory equipment, which limits their use for continuous process control. Existing on-line tools for surfactant measurement are not versatile enough to be integrated directly into automated treatment control loops.

The analysis of the PMM has shown that there is a theoretical and experimental basis for using it as a measuring method sensitive to changes in the surface-active properties of an aqueous medium. The algorithms and hardware already developed make it possible to determine dynamic and equilibrium surface tension under surfactant adsorption. However, the ability of the method to operate directly in an on-line process water treatment loop and its robustness to the effect of accompanying components require further study.

On this basis, the integration of the PMM as an additional measuring channel of a cyber-physical system for automated multi-stage process water treatment has been substantiated. The proposed concept uses the results of surface tension measurements to assess the state of the water, select the required treatment stages and adjust their operating modes.

Further research should be aimed at adapting the PMM to real process water, taking into account the effect of temperature, mineralisation and suspended solids; developing a flow-through measuring transducer and digital signal processing algorithms; establishing quantitative relationships between the parameters of the measuring signal and the characteristics of contamination; developing algorithms for selecting treatment stages and modes; and experimentally verifying the effectiveness of the proposed cyber-physical system.

References

1. Kato, S., & Kansha, Y. (2024). Comprehensive review of industrial wastewater treatment techniques. Environmental Science and Pollution Research, 31(39), 51064–51097. https://doi.org/10.1007/s11356-024-34584-0.
2. Olsson, G. (2012). ICA and me – A subjective review. Water Research, 46(6), 1585–1624. https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.12.054.
3. Moretti, A., Ivan, H. L., & Skvaril, J. (2024). A review of the state-of-the-art wastewater quality characterization and measurement technologies. Is the shift to real-

time monitoring nowadays feasible? Journal of Water Process Engineering, 60, 105061. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2024.105061.
4. Olkowska, E., Polkowska, Ż., & Namieśnik, J. (2012). Analytical procedures for the determination of surfactants in environmental samples. Talanta, 88, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.10.034.
5. Kulkarni, D., & Jaspal, D. (2025). Techniques for surfactant detection from wastewater: a review. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 105(5), 1115–1131. https://doi.org/10.1080/03067319.2023.2285372.
6. Yuan, Z., Olsson, G., Cardell-Oliver, R., van Schagen, K., Marchi, A., Deletic, A., Urich, C., Rauch, W., Liu, Y., & Jiang, G. (2019). Sweating the assets – The role of instrumentation, control and automation in urban water systems. Water Research, 155, 381–402. https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.034.
7. Newhart, K. B., Holloway, R. W., Hering, A. S., & Cath, T. Y. (2019). Data-driven performance analyses of wastewater treatment plants: A review. Water Research, 157, 498–513. https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.03.030.
8. Wang, A.-J., Li, H., He, Z., Tao, Y., Wang, H., Yang, M., Savic, D., Daigger, G. T., & Ren, N. (2024). Digital twins for wastewater treatment: A technical review. Engineering, 36, 21–35. https://doi.org/10.1016/j.eng.2024.04.012.
9. Fainerman, V. B., & Miller, R. (2004). Maximum bubble pressure tensiometry – an analysis of experimental constraints. Advances in Colloid and Interface Science, 108–109, 287–301. https://doi.org/10.1016/j.cis.2003.10.010.
10. Kisil, I. S., & Kuchirka, Yu. M. (2014). Metrolohichnyi analiz metodyk vyznachennia poverkhnevoho natiahu ridyn metodom maksymalnoho tysku u bulbashtsi [Metrological analysis of methods for determining the surface tension of liquids using the maximum pressure in the bubble]. Metody ta prylady kontroliu yakosti, 1(32), 39–46. https://mpky.nung.edu.ua/index.php/mpky/article/view/206.
11. Vytvytska, L. A., Barna, O. B., Kisil, I. S., & Kuchirka, Yu. M. (2014). Prylad dlia vymiriuvannia poverkhnevoho natiahu ridyn na osnovi metodu vytiahuvannia kiltsia [Instrument for liquid surface tension measuring based on withdrawal ring method]. Metody ta prylady kontroliu yakosti, 2(33), 53–58. https://mpky.nung.edu.ua/index.php/mpky/article/view/230.
12. Malko, O., & Zamikhovska, O. (2024). THEORETICAL PRINCIPLES OF DETERMINING THE CONCENTRATION OF ORGANICS IN A WATER ENVIRONMENT. Sworld-Us Conference Proceedings, 1(usc26-00), 80–87. https://doi.org/10.30888/2709-2267.2024-26-00-012.
13. Malko, A. O., & Kisil, I. S. (2010). Osoblyvosti vymiriuvannia dynamichnoho poverkhnevoho natiahu vodnykh rozchyniv poverkhnevo aktyvnykh rechovyn metodom pulsuiuchoho meniska [Features of measuring the dynamic surface tension of aqueous surfactant solutions by the pulsating meniscus method]. Metody ta prylady kontroliu yakosti, 1(24), 46–49. https://mpky.nung.edu.ua/index.php/mpky/article/view/98.
14. Malko, O. H., Kisil, I. S., & Malko, A. O. (2013). Kontrol kontsentratsii poverkhnevo-aktyvnykh rechovyn u vodnykh seredovyshchakh za vyznachenym

rivnovazhnym poverkhnevym natiahom metodom pulsuiuchoho meniska [Control of concentration of surfactants in water medium using of equilibrium surface tension by method of the pulsating meniscus]. Metody ta prylady kontroliu yakosti, 1(30), 39–49. https://mpky.nung.edu.ua/index.php/mpky/article/view/156.

15. Malko, O. H., Malko, A. O., & Hryhorchuk, H. V. (2022). Alhorytm vyznachennia dynamichnoho poverkhnevoho natiahu metodom pulsuiuchoho meniska [Algorithm for determination of dynamic surface tension by pulsing meniscus method]. Metody ta prylady kontroliu yakosti, 1(48), 36–43. https://doi.org/10.31471/1993-9981-2022-1(48)-36-43.

16. Malko, O. H., & Zamikhovska, O. L. (2024). Alhorytm prohramnoho zabezpechennia roboty systemy kontroliu kontsentratsii orhanichnykh zabrudnen vodnykh obiektiv [Software algorithm for a system monitoring the concentration of organic pollutants in water bodies]. In Intelektualnyi produkt vchenykh, vynakhidnykiv i ratsionalizatoriv Prykarpattia: Shchorichnyi kataloh naivahomishykh vynakhodiv, korysnykh modelei, promyslovykh zrazkiv i ratsionalizatorskykh propozytsii Halytskykh Kmitlyvtsiv (pp. 72–76). Ivano-Frankivsk.

17. Baheti, R., & Gill, H. (2011). Cyber-physical systems. In T. Samad & A. M. Annaswamy (Eds.), The Impact of Control Technology (pp. 161–166). IEEE Control Systems Society.

Section: Ecology and environmental protection

SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS FOR DEVELOPING ECOLOGICAL CONCEPTS IN BIOLOGY EDUCATION

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

Abstract

The development of ecological concepts represents a fundamental component of contemporary biology education, providing students with the conceptual basis necessary to understand interactions among organisms, populations, communities, ecosystems, and environmental factors. This study aims to examine the theoretical and methodological foundations of ecological concept development in biology education and to identify instructional approaches that support students' systematic understanding of ecological processes. Particular emphasis is placed on the gradual transition from empirical observation and the acquisition of elementary ecological knowledge to conceptual generalization, systems thinking, and the practical application of ecological principles. The study considers the pedagogical potential of explanatory, observational, inquiry-based, problem-based, comparative, classificatory, modelling, and competency-oriented approaches, as well as field-based activities, visual learning resources, digital technologies, and formative assessment. The analysis indicates that ecological concepts are more effectively developed when they are presented within an interconnected conceptual framework rather than taught as isolated terms and definitions. Establishing relationships among ecological levels of organization and identifying causal interactions between biotic and abiotic factors enhance students' analytical reasoning and facilitate a deeper understanding of ecosystem structure and functioning. The use of ecological models, concept maps, graphical representations, field observations, case-based tasks, and authentic environmental situations creates opportunities for students to connect theoretical knowledge with observable ecological processes. The study also demonstrates the importance of integrating interdisciplinary and competency-based approaches to strengthen students' ability to interpret ecological information, analyze environmental problems, formulate evidence-based conclusions, and apply acquired knowledge to real-life contexts. It is concluded that effective ecological concept development requires a systematic, progressive, and scientifically grounded methodological framework that combines theoretical instruction with active learning and practical investigation. Such an approach can contribute substantially to the development of students' ecological literacy, scientific reasoning, environmental awareness, and systems thinking, thereby enhancing the overall quality and effectiveness of biology education.

Keywords: biology education, ecology teaching, methodological foundations, ecological thinking, scientific literacy, systems thinking, environmental education, ecological literacy

Introduction

Ecology occupies a central position in contemporary biological education because it provides a scientific framework for understanding the relationships between living organisms, their environment, and the processes that regulate the functioning of natural and human-modified ecosystems. In the context of modern biology education, the formation of ecological concepts is not limited to the acquisition of factual knowledge about organisms, populations, communities, and ecosystems. It involves the development of an integrated scientific understanding of environmental interactions, ecological processes, biodiversity, sustainability, resource use, and human impacts on natural systems. Consequently, the methodological foundations for forming ecological concepts constitute an important component of effective biology teaching and contribute directly to students' scientific literacy and environmental awareness.

The concept of an ecological system is inherently interdisciplinary and requires students to establish connections among biological, chemical, physical, geographical, and social processes. Many ecological phenomena cannot be adequately explained through isolated biological facts because they emerge from complex interactions operating at different levels of biological organization. For example, the dynamics of a population are influenced by resource availability, climatic conditions, interspecific relationships, habitat structure, and anthropogenic pressures. Similarly, ecosystem functioning depends on the interaction of organisms with abiotic factors, energy transfer, nutrient cycling, decomposition processes, and patterns of biodiversity. Therefore, the teaching of ecological concepts should be organized in a way that enables students to move progressively from simple observations and empirical representations toward abstract, systemic, and scientifically generalized concepts[1].

The formation of ecological concepts in biology education represents a complex pedagogical and methodological process. An ecological concept can be regarded not simply as a definition memorized by the learner but as a structured system of scientific knowledge that includes essential characteristics, relationships, causal connections, examples, and applications. Concepts such as "environment," "ecological factor," "population," "community," "ecosystem," "food chain," "food web," "ecological niche," "biodiversity," "carrying capacity," and "sustainability" acquire scientific meaning only when students understand the relationships among these concepts. Thus, methodological approaches to ecology teaching should emphasize conceptual integration rather than fragmented transmission of terminology.

One of the fundamental methodological problems in teaching ecology is the transition from everyday environmental perceptions to scientifically grounded ecological thinking. Students enter biology classes with pre-existing ideas about nature, organisms, pollution, adaptation, competition, food relationships, and environmental change. Some of these ideas correspond partially to scientific concepts, whereas others may be incomplete or inconsistent with contemporary ecological

knowledge. For instance, students may perceive the environment primarily as a physical space surrounding organisms and may not initially recognize the dynamic reciprocal interactions between organisms and environmental conditions. Similarly, concepts such as adaptation, competition, balance in nature, and ecological relationships may be interpreted through everyday language rather than through their scientific meanings. Effective teaching therefore requires the identification of learners' initial conceptions and the systematic transformation of these conceptions through observation, explanation, comparison, modelling, experimentation, and evidence-based reasoning.

The methodological formation of ecological concepts should be based on the principle of scientific progression. At the initial stages, students can encounter ecological phenomena through direct observation of plants, animals, microorganisms, soil, water, and local habitats. These observations create an empirical foundation for subsequent conceptual generalization. At more advanced levels, empirical observations can be connected with theoretical concepts such as ecological organization, energy flow, biogeochemical cycles, population regulation, ecological succession, and ecosystem stability. Such progression allows learners to understand that ecological concepts represent generalized scientific interpretations of observable relationships rather than isolated definitions.

A particularly important methodological principle is the systematic organization of ecological knowledge according to levels of biological organization. Ecology examines phenomena ranging from individual organisms and populations to communities, ecosystems, landscapes, and the biosphere. The conceptual sequence should therefore reflect the hierarchical organization of biological systems. Understanding the ecological characteristics of an organism provides a foundation for studying populations; population-level processes facilitate the understanding of communities; and the study of communities provides a conceptual basis for ecosystem structure and functioning. The biosphere can subsequently be introduced as a higher-level system in which ecosystems are interconnected through material cycles, energy flows, and global environmental processes. Such hierarchical structuring helps students establish logical relationships among ecological concepts and avoid perceiving them as independent units of information[2].

The formation of ecological concepts also requires the integration of structural and functional approaches. The structural approach focuses on the components of ecological systems, including organisms, populations, communities, trophic groups, and abiotic factors. The functional approach emphasizes processes such as energy transfer, nutrient cycling, decomposition, productivity, population growth, succession, and species interactions. Combining these approaches enables students to understand not only what an ecosystem consists of but also how its components interact and how these interactions determine ecosystem functioning. Consequently, ecological education should move beyond the classification of ecological objects toward the analysis of processes and causal mechanisms.

The methodological significance of visual and model-based learning is particularly high in ecology because many ecological processes are dynamic, multidimensional, and difficult to observe directly. Food webs, ecological pyramids, population growth curves, energy-flow diagrams, nutrient cycles, ecological succession schemes, and conceptual maps can make abstract relationships more accessible to learners. Models also provide opportunities for students to analyze hypothetical situations and predict ecological consequences. For example, changes in predator abundance, resource availability, temperature, precipitation, or habitat structure can be represented through models that allow students to examine potential changes in population size and ecosystem functioning. In this context, modelling functions not merely as an illustrative teaching technique but as a methodological instrument for developing ecological reasoning.

Field-based learning represents another important methodological foundation for the formation of ecological concepts. Ecology is fundamentally connected with real environments, and many ecological concepts become more meaningful when students encounter their manifestations outside the classroom. Field observations can be organized in schoolyards, parks, forests, agricultural areas, urban green spaces, rivers, coastal zones, or other accessible ecosystems. Students can investigate species diversity, habitat characteristics, abiotic factors, trophic relationships, vegetation structure, signs of anthropogenic disturbance, and seasonal changes. Such activities establish connections between theoretical biological knowledge and real ecological systems and can contribute to the development of observation, measurement, classification, interpretation, and scientific communication skills.

Local environmental contexts are particularly valuable in ecological education. When ecological concepts are connected with familiar landscapes and environmental problems, students can more easily recognize their practical significance. Urbanization, soil degradation, biodiversity loss, waste accumulation, water pollution, air quality deterioration, habitat fragmentation, and changes in vegetation are examples of issues that can be examined within local contexts. The use of local ecological materials allows teachers to construct learning situations in which students analyze real evidence rather than merely reproducing textbook information. This approach can strengthen the relationship between biological knowledge, environmental responsibility, and scientific citizenship.

Another important methodological dimension is the use of inquiry-based learning. Ecological education provides numerous opportunities for students to formulate questions, develop hypotheses, collect data, identify patterns, and construct evidence-based explanations. Instead of presenting ecological relationships exclusively as predetermined facts, teachers can organize learning around scientific problems. For example, students may investigate why species diversity differs between two habitats, how environmental conditions affect plant distribution, or how changes in resource availability influence population density. Such activities promote scientific reasoning and encourage students to understand ecological concepts through the process of investigation[3].

The development of ecological concepts is also closely related to quantitative literacy. Contemporary ecology increasingly relies on numerical data, statistical analysis, graphical representations, ecological indices, and mathematical models. Therefore, biology teaching should gradually introduce learners to population density calculations, frequency and abundance measures, species richness, diversity indices, population growth models, and graphical analysis. Even when advanced mathematical procedures are not appropriate for a particular educational level, students can be encouraged to interpret ecological graphs and tables, compare datasets, identify trends, and formulate evidence-based conclusions. The integration of quantitative reasoning contributes to a more scientifically rigorous understanding of ecological processes.

Digital technologies have created additional methodological opportunities for ecology education. Interactive simulations, geographic information systems, virtual field trips, digital microscopes, biodiversity databases, remote sensing resources, data-visualization platforms, and educational applications can provide learners with access to ecological phenomena that may be difficult to observe directly. Digital tools can also support the visualization of temporal and spatial changes, allowing students to examine ecosystem dynamics at scales ranging from local habitats to global environmental systems. However, the pedagogical value of technology depends primarily on its methodological integration into the learning process. Technology should support conceptual understanding, inquiry, analysis, and interpretation rather than function solely as a substitute for traditional instructional materials.

The formation of ecological concepts should also incorporate interdisciplinary and systems-thinking approaches. Environmental problems are rarely attributable to a single factor; they generally result from interactions among ecological, economic, technological, social, and climatic processes. Consequently, students should be encouraged to identify relationships among multiple variables and to recognize feedback mechanisms, thresholds, interdependencies, and potential unintended consequences. Systems thinking is especially relevant to understanding ecosystem resilience, climate change, biodiversity conservation, land-use transformation, and sustainable resource management. Developing this type of thinking enables students to interpret environmental phenomena as interconnected processes rather than isolated events.

An additional methodological requirement is the consistent differentiation between closely related ecological concepts. Students may experience difficulties distinguishing terms such as habitat and ecological niche, population and community, ecosystem and biosphere, food chain and food web, species richness and species diversity, or adaptation and acclimatization. Such conceptual difficulties can result from similarities in everyday terminology or from insufficient attention to the relationships defining each scientific concept. Comparative tables, concept maps, classification tasks, examples and counterexamples, graphical representations, and problem-based questions can therefore be used to clarify conceptual boundaries and strengthen students’ ability to apply ecological terminology accurately.

The teacher's role is particularly significant in this process. The biology teacher functions not only as a transmitter of ecological information but also as a facilitator of conceptual development and scientific inquiry. Effective teaching requires the selection of appropriate examples, instructional sequences, questions, demonstrations, practical tasks, and assessment strategies. The teacher must determine the level of conceptual complexity appropriate to learners' cognitive development while maintaining scientific accuracy. Furthermore, ecological education requires sensitivity to the dynamic nature of scientific knowledge, particularly in areas such as climate change, biodiversity, environmental pollution, ecosystem services, and conservation biology, where scientific evidence continues to develop.

Assessment constitutes an integral component of the methodological process. Traditional assessment methods that primarily measure the reproduction of definitions may not adequately reveal whether students have developed meaningful ecological concepts. Conceptual assessment should therefore include tasks requiring explanation, comparison, classification, interpretation of data, analysis of ecological scenarios, construction of models, and application of concepts to unfamiliar situations. Formative assessment can be used to identify misconceptions during instruction and provide opportunities for their correction. Concept maps, diagnostic questions, ecological case studies, practical investigations, portfolios, project work, and problem-based tasks can provide more comprehensive evidence of conceptual development.

The formation of ecological concepts is also associated with the development of environmental literacy. Ecological knowledge becomes educationally significant when students can apply scientific concepts to interpret environmental situations and evaluate relationships between human activities and ecological processes. Nevertheless, environmental education should be distinguished from the transmission of predetermined attitudes. From a methodological perspective, students should be provided with scientifically reliable evidence and opportunities to examine alternative explanations, analyze consequences, and formulate reasoned conclusions. This approach supports informed environmental decision-making while maintaining the scientific and educational character of biology instruction.

Contemporary educational approaches increasingly emphasize competency-based learning, in which students are expected not only to know ecological concepts but also to use them in practical and unfamiliar contexts. Within this framework, ecological competence includes the ability to interpret environmental information, analyze ecological relationships, conduct investigations, use evidence, communicate scientific findings, and understand the consequences of human activities for ecological systems. Therefore, the methodological foundations of ecological concept formation should integrate knowledge, skills, scientific reasoning, and application.

From this perspective, the effectiveness of ecology teaching depends on the coherence of the entire instructional process. Ecological concepts should be introduced through meaningful contexts, developed through empirical observation and inquiry, connected through hierarchical and systemic relationships, reinforced through modelling and practical activities, and assessed through tasks that require application

and reasoning. Such an approach transforms ecology from a collection of biological terms into an interconnected conceptual system through which students can interpret natural phenomena and environmental changes.

Thus, the methodological foundations for the formation of ecological concepts in biology education encompass a complex combination of conceptual, systemic, inquiry-based, field-oriented, visual, modelling, digital, quantitative, interdisciplinary, and competency-based approaches. Their integration creates conditions for the gradual development of scientifically accurate ecological thinking and enables students to establish meaningful relationships between biological knowledge and real environmental processes. The study of these methodological foundations is therefore important for improving the quality of biology education, strengthening students' ecological literacy, and developing their capacity to analyze complex environmental phenomena on the basis of scientific evidence.

Materials and Methods

The study was designed as a methodological and pedagogical investigation aimed at examining effective approaches to the formation of ecological concepts in biology education. The methodological framework was developed on the basis of contemporary principles of biology teaching, ecological education, competency-based learning, conceptual learning, inquiry-based instruction, and systems thinking. Particular attention was given to the ways in which students acquire, differentiate, integrate, and apply fundamental ecological concepts, including environment, ecological factors, habitat, population, community, ecosystem, food chain, food web, ecological niche, biodiversity, energy flow, nutrient cycling, ecological succession, and human impact on ecosystems. The research methodology was structured to examine ecological concept formation as a gradual cognitive process rather than as the memorization of isolated definitions.

The study employed a combination of theoretical, empirical, and pedagogical methods. The theoretical component involved the analysis, comparison, generalization, and systematization of scientific and methodological literature related to ecology education and the formation of biological concepts. Contemporary publications, methodological materials, biology curricula, educational standards, and instructional resources were examined to identify major principles and approaches applicable to ecological concept development. Particular attention was given to publications addressing conceptual understanding, scientific literacy, inquiry-based learning, environmental education, systems thinking, field-based education, digital learning technologies, and competency-oriented assessment. The theoretical analysis was used to establish the conceptual and methodological framework of the study and to identify relationships between ecological knowledge, scientific reasoning, and practical application.

A conceptual analysis was conducted to determine the structural characteristics of the principal ecological concepts included in biology instruction. Each concept was examined in terms of its definition, essential characteristics, structural components, functional relationships, examples, and connections with related concepts. Special

attention was paid to concepts that are frequently confused by learners, such as habitat and ecological niche, population and community, food chain and food web, ecosystem and biosphere, species richness and biodiversity, and adaptation and acclimatization. The analysis considered the level of abstraction of each concept and its position within the hierarchical organization of biological systems. This approach made it possible to establish a logical sequence for introducing ecological concepts from relatively simple and observable phenomena toward more complex systemic relationships.

The empirical component of the study was based on pedagogical observation and analysis of students' learning activities during biology instruction. Classroom situations involving the introduction and development of ecological concepts were examined with particular emphasis on students' ability to identify ecological relationships, interpret biological information, establish causal connections, explain environmental phenomena, and apply concepts to unfamiliar situations. Attention was also given to students' initial conceptions and possible misconceptions concerning ecological processes. Observation focused on the degree to which learners could move from direct observation and description of ecological phenomena toward scientific explanation and generalization.

Inquiry-based instructional activities were incorporated into the methodological framework. Students were encouraged to formulate ecological questions, identify relevant variables, propose explanations, analyze information, and formulate conclusions based on evidence. Learning situations were developed around ecological problems that could be investigated through observation, comparison, classification, measurement, and interpretation. Examples included differences in species distribution between habitats, relationships between abiotic factors and organism abundance, changes in population density, trophic relationships, biodiversity patterns, and the ecological consequences of anthropogenic disturbance. The purpose of these activities was to establish a direct relationship between empirical evidence and the formation of scientific ecological concepts.

Field-oriented methods were also considered an important component of the methodology. Where appropriate, ecological observations were associated with accessible local environments, including urban green spaces, school surroundings, parks, terrestrial habitats, and other representative ecosystems. Students were encouraged to identify biotic and abiotic components of the observed environment and to analyze their interactions. Field activities could include recording species presence, comparing habitat characteristics, observing vegetation structure, identifying signs of human influence, and examining relationships between environmental conditions and organism distribution. The collected observations were subsequently discussed in the classroom and connected with relevant theoretical concepts. This procedure was intended to strengthen the relationship between direct ecological experience and abstract scientific knowledge.

Visual and modelling methods were employed to facilitate the understanding of complex ecological relationships. Concept maps, ecological schemes, trophic pyramids, food webs, population growth curves, energy-flow diagrams, nutrient-cycle

models, and representations of ecological succession were used as methodological instruments. These representations allowed learners to identify relationships among ecological components and to understand dynamic processes that cannot always be directly observed. Concept mapping was particularly useful for determining whether students were able to establish hierarchical and causal relationships between ecological concepts. Model-based activities also encouraged students to predict potential changes in ecological systems following alterations in environmental conditions.

Quantitative and analytical methods were incorporated where appropriate to support the development of ecological reasoning. Students were introduced to the interpretation of numerical data, tables, graphs, and simple ecological indicators. Depending on the educational level, activities could involve the calculation or interpretation of population density, relative abundance, species richness, frequency, percentage composition, and basic biodiversity measures. Graphical representations were used to examine relationships between environmental variables and biological responses. Population growth models and simplified representations of carrying capacity were also considered as methodological tools for explaining population dynamics. The emphasis was placed on the interpretation of ecological meaning rather than on mathematical procedures in isolation.

Digital educational technologies were incorporated into the methodological framework to support visualization, data analysis, simulation, and access to ecological information. Digital presentations, interactive ecological models, virtual field activities, biodiversity databases, geographic information resources, digital microscopy, and data-visualization tools can be used to supplement direct observations and traditional instructional materials. Digital resources were selected according to their relevance to the learning objective and their ability to facilitate conceptual understanding. The use of technology was therefore considered not as an independent teaching objective but as a means of improving visualization, inquiry, interaction, and interpretation of ecological phenomena.

Problem-based and case-based learning methods were used to connect ecological concepts with authentic environmental situations. Students were presented with ecological scenarios requiring them to identify relevant concepts, determine causal relationships, interpret available evidence, and propose scientifically justified explanations. Cases involving biodiversity reduction, habitat fragmentation, pollution, soil degradation, urbanization, climate-related environmental changes, and ecosystem disturbance were considered particularly suitable for developing systems thinking. Through such activities, students were encouraged to recognize that ecological processes are generally determined by multiple interacting factors rather than by a single environmental variable.

The study also incorporated comparative and classification methods to strengthen conceptual differentiation. Students were provided with examples and contrasting cases requiring them to distinguish among related ecological concepts according to their essential characteristics and functional relationships. Comparative analysis was used, for example, to differentiate population from community, habitat from niche,

food chain from food web, and abiotic from biotic environmental factors. Classification tasks were designed to determine whether students could correctly organize ecological objects and processes according to scientifically relevant criteria. Such activities were considered particularly important for preventing the mechanical memorization of terminology and promoting meaningful conceptual understanding.

Assessment procedures were designed to evaluate not only the reproduction of ecological definitions but also the depth and applicability of students' conceptual knowledge. Formative assessment techniques included diagnostic questions, short explanations, concept maps, interpretation of ecological diagrams, classification exercises, data-analysis tasks, problem situations, and practical activities. Students' responses were examined according to their ability to define concepts accurately, identify essential characteristics, establish relationships among concepts, explain ecological mechanisms, interpret evidence, and apply knowledge to new situations. Particular attention was paid to conceptual misconceptions and difficulties in transferring theoretical knowledge to practical ecological contexts.

The methodological effectiveness of different instructional approaches was evaluated through qualitative comparison of students' learning outcomes and observable conceptual development. Indicators included the accuracy of ecological terminology, ability to establish relationships among ecological components, interpretation of ecological data, explanation of cause-and-effect relationships, ability to construct or interpret models, and application of ecological concepts to real environmental situations. Where quantitative educational data were available, descriptive statistical procedures could be used to summarize changes in students' performance. Frequencies, percentages, mean values, and comparative indicators were considered appropriate for describing patterns in conceptual development. More advanced statistical analysis could be applied where the sample size and research design permitted reliable inference.

To improve methodological validity, the formation of ecological concepts was considered from several complementary dimensions: cognitive, practical, systemic, and communicative. The cognitive dimension concerned students' understanding and differentiation of ecological concepts; the practical dimension focused on the application of ecological knowledge during observation, investigation, and problem solving; the systemic dimension examined students' ability to establish relationships among different levels of biological organization; and the communicative dimension concerned students' ability to explain ecological phenomena using scientifically appropriate terminology and evidence. The combination of these dimensions provided a broader basis for evaluating ecological conceptual development than conventional knowledge-reproduction tasks.

The overall methodological procedure followed a sequential logic consisting of initial identification of students' existing knowledge, introduction of ecological phenomena through meaningful contexts, empirical observation or investigation, conceptual explanation, establishment of relationships among concepts, application through problem-solving or modelling activities, and formative assessment. This

sequence was intended to facilitate the transition from empirical experience to theoretical generalization and subsequently to practical application. The approach also allowed the teacher to identify conceptual difficulties at different stages and to modify instructional strategies accordingly.

Ethical and pedagogical principles were considered throughout the study. Student participation in empirical or observational activities was organized within the requirements of educational practice, and activities involving field observations or environmental data were designed to avoid disturbance to natural habitats. The methodology emphasized scientific accuracy, age-appropriate instruction, accessibility of learning materials, and respect for individual differences in students' learning processes. The methodological framework was therefore intended to provide a scientifically grounded and pedagogically coherent basis for investigating the formation of ecological concepts in biology education.

Results and Discussion

The results of the study indicate that the formation of ecological concepts in biology education is most effective when the learning process is organized as a continuous transition from empirical observation to scientific explanation, conceptual integration, and practical application. The analysis demonstrated that ecological knowledge acquired through isolated definitions and reproductive learning is insufficient for establishing a comprehensive understanding of ecological systems. In contrast, methodological approaches that combine observation, inquiry, comparison, modelling, problem solving, field-based activities, and formative assessment provide more favorable conditions for the development of scientifically meaningful ecological concepts.

One of the principal findings was that students demonstrated a more stable understanding of ecological terminology when new concepts were introduced through concrete biological and environmental examples. Direct presentation of definitions often resulted in short-term recognition of terms without a sufficiently developed understanding of their functional relationships. When concepts such as population, community, ecosystem, habitat, ecological niche, biodiversity, and ecological factor were introduced through observable examples, students were better able to identify their essential characteristics and establish relationships among them. This finding emphasizes the methodological importance of connecting abstract ecological terminology with real biological phenomena.

The analysis also demonstrated that students' initial understanding of ecological concepts was frequently influenced by everyday interpretations of environmental phenomena. Several conceptual difficulties were associated with the interpretation of ecological relationships as simple linear interactions. For example, ecological systems were sometimes perceived as collections of independent organisms rather than as interconnected systems characterized by multiple reciprocal relationships. Similarly, students tended to interpret food chains as simple linear sequences and experienced greater difficulty understanding food webs as complex networks involving multiple trophic interactions. These findings indicate that the teaching of ecology should

deliberately promote systems thinking and should provide repeated opportunities for students to examine interdependence among organisms and environmental factors.

The differentiation of closely related concepts represented another important aspect of conceptual development. Students generally found it easier to recognize individual terms than to explain the scientific distinctions between related concepts. Difficulties were particularly evident when distinguishing habitat from ecological niche, population from community, species richness from biodiversity, and adaptation from acclimatization. The results suggest that conceptual differentiation should be treated as an independent methodological objective rather than being considered a natural consequence of introducing definitions. Comparative analysis, contrasting examples, concept maps, and problem-based tasks were found to be particularly useful for establishing clear conceptual boundaries.

The results further demonstrated the importance of hierarchical organization in the teaching of ecological concepts. When ecological knowledge was presented according to the levels of biological organization, students were better able to understand the relationships between organisms, populations, communities, ecosystems, and the biosphere. The organism was interpreted as an ecological unit interacting with environmental factors; populations were subsequently examined in terms of density, distribution, growth, and regulation; communities were studied through species interactions and biodiversity; and ecosystems were considered as integrated systems involving biotic and abiotic components, energy flow, and nutrient cycling. This progression provided a logical framework through which individual ecological concepts could be integrated into a broader conceptual system.

Inquiry-based learning produced particularly meaningful conceptual outcomes because it required students to use ecological concepts as analytical instruments rather than as isolated items of knowledge. When students were asked to formulate questions, make observations, compare environmental conditions, interpret data, and explain patterns, their understanding became more closely associated with scientific reasoning. For example, investigating why different habitats support different levels of species abundance required students to integrate knowledge of environmental factors, habitat characteristics, resource availability, interspecific relationships, and ecological tolerance. Such activities demonstrated that ecological concepts acquire greater functional meaning when students use them to explain observable patterns.

Field-based activities also contributed to the development of ecological understanding. Direct observation of local habitats enabled students to establish connections between theoretical concepts and actual environmental conditions. Concepts such as habitat, ecological factor, biodiversity, population density, anthropogenic impact, and ecological succession became more comprehensible when students encountered their manifestations in real ecosystems. Field observations also encouraged students to recognize spatial variability and environmental heterogeneity, which are essential characteristics of ecological systems. The educational significance of field-based learning therefore extends beyond practical observation because it creates a contextual framework for integrating theoretical knowledge.

The analysis of modelling activities showed that visual representations were particularly useful for explaining dynamic and complex ecological processes. Students experienced fewer difficulties in interpreting trophic relationships when food webs and ecological pyramids were used instead of verbal descriptions alone. Similarly, graphical representations of population growth facilitated the understanding of changes in population size under different environmental conditions. Models of nutrient cycles helped demonstrate that matter is continuously transferred among organisms and environmental compartments, whereas energy flows through ecosystems in a different manner. These findings indicate that ecological modelling can serve as an important bridge between abstract theoretical concepts and observable or simulated processes.

Concept mapping was also associated with improved understanding of relationships among ecological concepts. Rather than requiring students to reproduce a sequence of definitions, concept maps encouraged them to identify connections and hierarchical relationships. A well-developed ecological concept map demonstrated that students understood not only the meaning of individual concepts but also their position within a broader system of knowledge. For example, the concept of an ecosystem could be connected simultaneously with biotic and abiotic components, energy flow, nutrient cycling, trophic interactions, biodiversity, productivity, and ecosystem stability. This type of representation provided evidence of conceptual integration and systems thinking.

The results further indicated that problem-based learning increased the practical significance of ecological concepts. When students were presented with environmental situations involving pollution, habitat destruction, biodiversity loss, soil degradation, urbanization, or other forms of anthropogenic pressure, they were required to identify the ecological processes involved and establish causal relationships. Such tasks encouraged students to move beyond the description of environmental problems and toward their ecological interpretation. The analysis demonstrated that students were more likely to recognize multiple interacting causes when environmental problems were presented as complex cases rather than as isolated textbook examples.

The integration of quantitative information into ecological learning also contributed to the development of analytical skills. Students demonstrated a better understanding of population and community concepts when they were required to interpret numerical data, tables, and graphical representations. Population density, relative abundance, species richness, and changes in population size became more meaningful when represented quantitatively. The interpretation of ecological data also encouraged students to distinguish between observation and explanation, thereby strengthening evidence-based reasoning. These results suggest that quantitative ecological literacy should be developed progressively within biology education.

Digital technologies provided additional opportunities for visualization and exploration. Interactive models and digital representations were particularly useful when the phenomena under study involved processes that could not easily be observed within the classroom. Simulations of population growth, food-web interactions, ecological succession, and environmental change enabled students to examine the potential consequences of modifying selected variables. However, the results also

indicate that digital tools are most educationally valuable when accompanied by teacher-guided interpretation. Passive viewing of animations or presentations does not necessarily result in conceptual development; meaningful learning occurs when students are required to analyze, explain, compare, and apply the information presented through digital resources.

An important result of the study concerns the role of formative assessment in ecological concept formation. Conventional assessment based predominantly on definitions and factual recall provided limited information about the depth of students' conceptual understanding. In contrast, open-ended questions, concept maps, ecological scenarios, data interpretation, and problem-solving tasks revealed differences between students who could reproduce terminology and those who could apply ecological concepts to new situations. Formative assessment therefore functioned not only as a means of measuring learning outcomes but also as a methodological instrument for identifying misconceptions and guiding subsequent instruction.

The results suggest that conceptual development can be viewed as a progression from reproductive knowledge toward relational and application-oriented understanding. At the initial stage, students recognize and reproduce ecological terminology. At a more advanced stage, they are able to describe ecological phenomena and identify their basic characteristics. Further development involves establishing causal and functional relationships among ecological concepts. The highest level observed within the methodological framework was characterized by the ability to apply ecological knowledge to unfamiliar environmental situations, interpret evidence, construct explanations, and propose scientifically justified solutions. This progression highlights the importance of designing learning activities that gradually increase cognitive complexity.

The findings also emphasize the importance of teacher-mediated integration of different teaching methods. No single instructional method was sufficient to address all dimensions of ecological concept formation. Explanatory instruction was useful for introducing scientific terminology and theoretical frameworks, whereas observation and field activities provided empirical foundations. Inquiry-based learning promoted scientific reasoning, modelling facilitated visualization, problem-based learning supported application, and formative assessment revealed conceptual difficulties. Consequently, the methodological effectiveness of ecology teaching appears to depend not on the isolated use of individual methods but on their purposeful integration into a coherent instructional sequence.

The results have particular relevance to competency-based biology education. Ecological competence requires more than knowledge of ecological terminology; it involves the ability to interpret environmental information, establish relationships, analyze evidence, conduct investigations, communicate scientific explanations, and apply knowledge to real situations. The methodological approaches examined in the study support the development of these competencies by transforming students from passive recipients of ecological information into active participants in the construction and application of knowledge.

The findings further demonstrate the importance of local environmental contexts in biology education. When ecological concepts were associated with familiar landscapes and environmental situations, students could more readily understand their practical relevance. Urban ecosystems, green spaces, soil, vegetation, water resources, and anthropogenically modified habitats can serve as accessible educational environments for demonstrating ecological processes. Such contextualization can also strengthen the connection between ecological knowledge and environmental literacy by enabling students to interpret environmental changes within their immediate surroundings.

At the same time, the results indicate that ecological concept formation requires sufficient time and methodological continuity. Concepts introduced without subsequent reinforcement may remain fragmented and may not become part of the learner's integrated knowledge system. Repeated application across different contexts is therefore essential. For example, the concept of biodiversity should not be limited to a single lesson but should subsequently be connected with ecosystem stability, conservation, habitat fragmentation, ecological resilience, and human impacts. Such longitudinal reinforcement promotes conceptual stability and transfer.

Overall, the findings demonstrate that the methodological formation of ecological concepts should be based on an integrated educational model in which scientific explanation, empirical experience, conceptual differentiation, systems thinking, inquiry, modelling, practical application, and formative assessment operate as interconnected components. The development of ecological understanding is most meaningful when students are given opportunities not only to learn what ecological concepts mean but also to understand why they are important, how they are related, and how they can be used to explain real environmental phenomena.

The discussion therefore supports the view that modern ecology education should move from predominantly reproductive instruction toward conceptually organized, inquiry-oriented, and competency-based learning. Such an approach can strengthen students' scientific literacy, improve their ability to interpret complex ecological relationships, and provide a methodological foundation for understanding contemporary environmental challenges. The integration of theoretical knowledge with practical investigation and systems-based reasoning creates conditions for the formation of a scientifically grounded ecological worldview and contributes to the broader educational objective of preparing learners to understand and responsibly interact with complex biological and environmental systems.

Conclusion

The formation of ecological concepts represents one of the fundamental methodological objectives of contemporary biology education. The findings of the present study demonstrate that effective ecological learning cannot be achieved solely through the transmission and memorization of ecological definitions and factual information. Ecological concepts acquire scientific and educational significance when students are able to understand their essential characteristics, establish relationships among them, interpret ecological processes, and apply the acquired knowledge to real and unfamiliar environmental situations. Therefore, the formation of ecological

concepts should be regarded as a continuous, systematic, and progressively organized pedagogical process.

The study established that the methodological effectiveness of ecology teaching is closely associated with the integration of theoretical explanation, empirical observation, inquiry, comparison, classification, modelling, field-based learning, problem solving, digital technologies, and formative assessment. Each of these approaches contributes to a particular dimension of conceptual development, while their purposeful combination creates a more comprehensive learning environment. The transition from direct observation of ecological phenomena to scientific interpretation and subsequently to conceptual generalization and practical application enables students to develop a deeper and more stable understanding of ecological processes.

A particularly important conclusion is that ecological concepts should be taught as an interconnected system rather than as isolated terms. The hierarchical organization of biological knowledge provides an effective basis for establishing relationships among the organism, population, community, ecosystem, and biosphere levels. Understanding these relationships enables students to recognize the interdependence of biological systems and to interpret ecological processes in terms of structure, function, interaction, and change. Such an approach is essential for the development of systems thinking, which is increasingly important for understanding complex environmental processes.

The study also demonstrates the methodological importance of addressing students' initial conceptions and conceptual difficulties. Everyday interpretations of ecological phenomena may differ substantially from scientifically accepted explanations. Consequently, effective biology instruction should identify learners' prior knowledge, reveal misconceptions, and provide opportunities for conceptual restructuring through evidence, comparison, observation, modelling, and discussion. The distinction between closely related concepts, including habitat and ecological niche, population and community, food chain and food web, and species richness and biodiversity, should receive particular attention because conceptual ambiguity can limit the development of coherent ecological knowledge.

Inquiry-based and field-oriented learning were found to provide valuable conditions for connecting theoretical ecological knowledge with empirical experience. Direct observation of organisms and habitats, investigation of environmental variables, analysis of ecological data, and interpretation of local environmental processes allow students to recognize that ecological concepts describe real and dynamic relationships. Such experiences strengthen scientific reasoning and help learners understand ecology as an evidence-based science rather than simply a collection of environmental terms.

The findings further indicate that modelling and visualization are important methodological instruments for explaining ecological processes that are dynamic, multidimensional, or difficult to observe directly. Food webs, ecological pyramids, population growth curves, nutrient cycles, succession models, and conceptual maps can make complex relationships more accessible and support the development of integrated conceptual structures. At the same time, the educational value of such

representations depends on students' active interpretation of them. Consequently, visual materials should be incorporated into analytical and inquiry-oriented learning activities rather than used merely for illustration.

The integration of digital technologies can further expand the methodological possibilities of ecological education. Interactive simulations, digital maps, biodiversity databases, virtual field activities, and data-visualization tools can provide opportunities for students to explore ecological phenomena across different spatial and temporal scales. However, technology should remain subordinate to clearly defined pedagogical objectives. Its primary function should be to facilitate observation, modelling, analysis, communication, and conceptual understanding rather than to replace meaningful interaction with biological and environmental phenomena.

Another important conclusion concerns the role of assessment in ecological concept formation. Assessment should extend beyond the reproduction of terminology and factual information. Tasks that require explanation, comparison, classification, interpretation of ecological data, construction of concept maps, analysis of environmental situations, and application of knowledge to new problems provide more reliable evidence of conceptual development. Formative assessment is particularly valuable because it enables teachers to identify misconceptions during the learning process and adapt instructional strategies accordingly.

The methodological findings also support the integration of ecological education with competency-based biology teaching. Ecological competence includes the ability to understand ecological concepts, interpret environmental information, analyze relationships, use scientific evidence, investigate ecological problems, communicate conclusions, and apply knowledge in practical contexts. Therefore, the formation of ecological concepts contributes not only to subject-specific biological knowledge but also to broader scientific literacy, analytical thinking, problem-solving ability, and environmental awareness.

The use of local environmental contexts represents another significant methodological opportunity. Familiar ecosystems, urban green spaces, soils, vegetation, water bodies, and anthropogenically transformed environments can serve as practical learning resources through which students can investigate ecological relationships. Connecting classroom concepts with local ecological conditions can increase the meaningfulness of learning and facilitate the transfer of theoretical knowledge into practical interpretation.

In conclusion, the methodological foundations of ecological concept formation should be based on a coherent, learner-centered, evidence-oriented, and systemically orga

References

1. Demirci, S., Reid, A., Teksöz, G., & Şahin, E. (2025). Systems literacy: Towards a conspectus and model for environmental and sustainability education. Environmental Education Research, 31(4), 856–891.

2. Husamah, H., Rahardjanto, A., Hadi, S., & Lestari, N. (2024). What are the valuable lessons from global research on environmental literacy in the last two decades? A systematic literature review. Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi, 17(1), 172–195.
3. Mambrey, S., Schreiber, N., & Schmiemann, P. (2022). Young students' reasoning about ecosystems: The role of systems thinking, knowledge, conceptions, and representation. Research in Science Education, 52, 79–98.

BIODIVERSITY INDICATORS AND ECOLOGICAL INDICES AS TOOLS FOR ECOSYSTEM HEALTH ASSESSMENT

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

ABSTRACT

The assessment of ecosystem health represents a multidimensional scientific task that requires the simultaneous consideration of biological diversity, community organization, ecological processes, and environmental pressures. This study proposes an integrated framework for evaluating ecosystem condition through the combined use of biodiversity measures and ecological indices. The methodological approach considers species richness, Shannon–Wiener diversity, Simpson dominance, Pielou evenness, Margalef richness, and Sørensen similarity as complementary indicators of changes in biological community structure. These indices are interpreted together with community composition, ecological characteristics, and relevant physicochemical parameters to provide a broader representation of ecosystem responses to environmental variation and anthropogenic disturbance. The integrated assessment approach enables the detection of changes in species distribution, dominance relationships, community evenness, and compositional similarity that may remain obscured when biodiversity indicators are analyzed independently. Particular emphasis is placed on biodiversity responses along environmental gradients associated with urban expansion, industrial activity, habitat modification, pollution, and climate-related pressures. The conceptual framework indicates that high species richness does not necessarily correspond to favorable ecosystem condition, as increases in richness may occur alongside dominance of particular taxa, reduced evenness, or significant shifts in community composition. Consequently, the joint interpretation of complementary ecological indices provides a more informative basis for recognizing ecological imbalance, assessing ecosystem stability and resilience, and identifying early manifestations of environmental degradation. The proposed framework has practical relevance for biodiversity monitoring, ecological risk evaluation,

conservation strategies, restoration assessment, and sustainable ecosystem management. Further integration of functional diversity, molecular biodiversity techniques, geospatial analysis, remote sensing, and long-term ecological datasets could enhance the diagnostic and predictive potential of ecosystem health assessment and support more effective evidence-based environmental decision-making.

Keywords: biodiversity, ecosystem health, ecological indices, species richness, community structure, ecological monitoring, environmental assessment, ecosystem resilience, anthropogenic disturbance.

INTRODUCTION

Ecosystem health has emerged as a fundamental concept in contemporary ecology, environmental science, and natural resource management, reflecting the capacity of ecosystems to maintain their structural organization, ecological functions, biological diversity, resilience, and ability to respond to environmental disturbances. Unlike conventional approaches that assess ecosystems primarily through individual environmental parameters, the concept of ecosystem health emphasizes the complex interactions among biotic communities, abiotic conditions, ecological processes, and anthropogenic pressures. Increasing urbanization, agricultural intensification, industrial development, habitat fragmentation, climate change, pollution, and unsustainable exploitation of natural resources have substantially altered ecosystem structure and functioning worldwide. These pressures have generated an urgent need for scientifically robust approaches capable of detecting ecological degradation, identifying changes in biological communities, and evaluating the capacity of ecosystems to maintain their ecological integrity.

Biodiversity represents one of the most important components of ecosystem health because it encompasses variation at genetic, species, and ecosystem levels and contributes directly to the stability and functioning of ecological systems. Species diversity, community composition, functional diversity, and the relative abundance of organisms provide valuable information about environmental conditions and ecological processes. Diverse biological communities frequently exhibit greater functional complementarity, resource-use efficiency, and resistance to environmental fluctuations. At the same time, changes in biodiversity may reflect the cumulative effects of habitat modification, pollution, climatic variability, biological invasions, and other anthropogenic disturbances. Consequently, biodiversity assessment has become an important component of ecological monitoring and environmental evaluation[1].

The relationship between biodiversity and ecosystem functioning is particularly important for understanding ecosystem health. Different organisms perform complementary ecological functions, including primary production, decomposition, nutrient cycling, pollination, predation, soil formation, and organic matter transformation. The loss or reduction of particular taxa may therefore influence ecological processes beyond the immediate decline in species richness. For example, the disappearance of functionally important species can modify trophic relationships, alter nutrient pathways, reduce productivity, and weaken ecosystem resistance to environmental stress. Accordingly, contemporary ecosystem assessment increasingly

recognizes that species richness alone cannot adequately characterize ecosystem condition. Integrating taxonomic, functional, and community-level information provides a more comprehensive representation of ecological integrity.

Ecological indices constitute important quantitative tools for translating complex biodiversity patterns into measurable indicators of ecosystem condition. Among the most widely applied biodiversity metrics are the Shannon–Wiener diversity index, Simpson diversity or dominance index, Pielou evenness index, Margalef richness index, and Sørensen similarity coefficient. Each index describes a particular dimension of community organization. Species richness reflects the number of taxa present within a defined area, whereas evenness characterizes the distribution of individuals among species. Diversity indices combine these characteristics and can therefore provide information about both community complexity and the relative dominance of particular taxa. Similarity indices, in turn, enable comparisons among ecosystems, habitats, sampling sites, seasons, or environmental gradients and can help identify changes in community composition associated with ecological disturbance.

The Shannon–Wiener index is frequently employed to evaluate community diversity because it incorporates both species richness and relative abundance. Higher values generally indicate communities in which individuals are distributed more evenly among a larger number of species, whereas lower values may be associated with reduced richness or increased dominance. The Simpson index provides complementary information by emphasizing the probability that randomly selected individuals belong to the same species and is particularly useful for detecting dominance patterns. Pielou's evenness index allows researchers to distinguish whether differences in diversity are primarily associated with species richness or unequal abundance distributions. The combined application of these indices can therefore provide a multidimensional assessment of community structure rather than relying on a single numerical indicator[2].

However, ecological indices should not be interpreted independently of environmental context. A numerical change in biodiversity may result from different ecological mechanisms, including natural seasonal succession, climatic variation, habitat heterogeneity, resource availability, disturbance intensity, pollution, or anthropogenic transformation. Therefore, the interpretation of biodiversity indices requires integration with physicochemical, climatic, soil, hydrological, and landscape variables. Such integration is particularly important in ecosystems exposed to multiple simultaneous stressors, where a decline in a single biodiversity metric may not necessarily indicate generalized ecosystem degradation. Conversely, ecosystems may maintain relatively high species richness while experiencing substantial functional changes caused by shifts in species abundance, community dominance, or the loss of sensitive taxa.

The increasing complexity of environmental pressures has consequently encouraged a transition from single-indicator assessment toward integrated ecological assessment frameworks. In such frameworks, biodiversity metrics are combined with ecological, environmental, and functional indicators to provide a more comprehensive

characterization of ecosystem condition. The integration of multiple indicators can improve the detection of ecological changes that might remain undetected when individual variables are considered separately. For example, species richness may remain relatively stable under moderate disturbance, while evenness, community composition, trophic structure, or functional diversity may change considerably. Similarly, environmental contamination may selectively suppress sensitive organisms while favoring tolerant or opportunistic taxa, resulting in a community that appears relatively diverse according to conventional richness measures but has undergone substantial ecological transformation[3].

Community composition is therefore a particularly important dimension of ecosystem health assessment. The relative representation of sensitive, tolerant, opportunistic, pathogenic, saprotrophic, predatory, or functionally specialized organisms can provide additional information about environmental conditions. Bioindicator organisms are especially valuable because their presence, abundance, absence, or physiological response can reflect specific environmental pressures. Biological indicators can integrate the effects of multiple stressors over time and may therefore provide ecological information that cannot be obtained from instantaneous physicochemical measurements alone. When bioindicator data are combined with biodiversity indices, researchers can evaluate not only how many taxa are present but also how ecological communities respond to environmental gradients.

Soil ecosystems provide a particularly suitable context for the integration of biodiversity and ecological indices because soil organisms are directly involved in nutrient cycling, decomposition, organic matter transformation, soil structure formation, and plant–microorganism interactions. Soil microbial communities, including bacteria, fungi, and other microorganisms, respond rapidly to changes in moisture, pH, organic matter, salinity, heavy-metal contamination, land-use practices, and other environmental variables. Changes in microbial diversity and community composition can therefore serve as early indicators of ecological disturbance. In particular, fungal communities have attracted increasing attention because fungi perform essential functions in decomposition, nutrient mobilization, organic matter dynamics, plant symbiosis, and soil food-web interactions. The quantitative assessment of fungal richness, abundance, diversity, and trophic structure may consequently contribute to a more sensitive evaluation of soil ecosystem health.

Urban and industrial ecosystems present additional challenges for biodiversity-based health assessment. Urbanization produces a mosaic of highly heterogeneous habitats characterized by altered soil properties, fragmented vegetation, modified hydrological regimes, elevated pollution loads, and intensive human activity. Industrial areas may be exposed to heavy metals, petroleum-derived compounds, atmospheric pollutants, and other contaminants that can alter biological communities. Under such conditions, changes in biodiversity may reflect both direct environmental stress and indirect modifications of habitat structure and resource availability. Integrated ecological indices can help distinguish differences among sites and identify gradients of anthropogenic influence.

Climate change further increases the necessity of integrated ecosystem assessment. Increasing temperature, altered precipitation regimes, prolonged droughts, extreme weather events, and shifts in seasonal dynamics can influence species distributions, phenology, productivity, decomposition, and interspecific interactions. The response of biodiversity to climate-related stress is rarely uniform across taxa or ecosystems. Some species may decline, whereas others may expand their ecological niches or become dominant. Consequently, monitoring changes in species composition, abundance, diversity, and evenness over time can provide valuable evidence of ecological responses to climatic variability. Long-term datasets incorporating multiple ecological indices are particularly important for distinguishing short-term fluctuations from persistent ecosystem-level changes.

An important advantage of integrating biodiversity indices is the possibility of developing comparative ecological assessments across spatial and temporal scales. Spatial comparisons can reveal differences among natural, semi-natural, agricultural, urban, and industrial ecosystems, while temporal comparisons can identify seasonal patterns, long-term trends, and ecosystem responses to restoration or environmental management. The use of standardized indices facilitates comparisons among sampling sites and enables researchers to identify areas characterized by biodiversity loss, community homogenization, increasing dominance, or ecological recovery. When combined with geographic information systems, remote sensing, and environmental databases, biodiversity indicators can also contribute to landscape-scale assessments of ecosystem condition.

The integration of ecological indices with statistical and multivariate analytical approaches provides additional opportunities for understanding the mechanisms underlying biodiversity patterns. Correlation analysis, regression models, analysis of variance, ordination techniques, cluster analysis, and multivariate community analyses can be used to examine relationships between biological communities and environmental variables. Such approaches enable researchers to determine whether observed changes in biodiversity are associated with particular environmental gradients and to identify the variables that most strongly influence community structure. The application of these analytical methods transforms biodiversity indices from descriptive measurements into tools for ecological interpretation and environmental decision-making[4].

Nevertheless, the application of biodiversity indices involves several methodological challenges. Different indices have different mathematical properties and sensitivities, and their values may be influenced by sampling effort, taxonomic resolution, habitat heterogeneity, and the relative abundance distribution of organisms. Comparisons among studies can therefore be problematic when sampling methodologies, taxonomic identification procedures, spatial scales, or temporal intervals differ substantially. Furthermore, a single index cannot fully represent the complexity of ecosystem functioning. An integrated assessment should therefore consider multiple dimensions of biodiversity and, where possible, combine taxonomic indicators with functional, environmental, and ecosystem-process measurements.

From this perspective, ecosystem health should be understood as a multidimensional ecological characteristic rather than a single measurable variable. A healthy ecosystem is generally characterized by an appropriate level of biodiversity, functional organization, ecological connectivity, productivity, stability, resilience, and capacity for self-maintenance. These properties are dynamically interconnected, and changes in one component may propagate through ecological networks and influence other components. The integration of biodiversity measures and ecological indices provides a practical framework for capturing these interactions and translating complex ecological information into quantitative evidence that can support environmental monitoring and management.

The development of integrated biodiversity assessment frameworks is also highly relevant to ecosystem restoration and conservation planning. Reliable identification of degraded ecosystems requires indicators capable of detecting both structural and functional changes. Biodiversity indices can establish baseline conditions, identify ecological gradients, evaluate the effectiveness of restoration interventions, and monitor recovery trajectories. For restoration projects, changes in species richness alone may provide insufficient evidence of ecological recovery. A more comprehensive evaluation can examine whether community evenness increases, whether dominant opportunistic taxa decline, whether sensitive species return, and whether community composition becomes more similar to reference ecosystems. Such multidimensional assessment can improve the scientific basis of restoration monitoring.

Furthermore, integrated biodiversity assessment can contribute to the identification of ecological thresholds and early-warning signals. Ecosystems subjected to continuous environmental pressure may initially exhibit relatively small changes in overall species richness while experiencing substantial shifts in dominance structure, community composition, or functional organization. Monitoring multiple indices simultaneously may therefore reveal subtle changes preceding more pronounced ecosystem degradation. This is particularly relevant in ecosystems affected by chronic pollution, habitat fragmentation, climate stress, and cumulative anthropogenic pressures, where conventional monitoring approaches may fail to identify gradual ecological deterioration.

In this context, the integration of biodiversity and ecological indices represents an important methodological direction for contemporary ecosystem health assessment. Rather than treating biodiversity as an isolated ecological attribute, an integrated approach considers biodiversity patterns in relation to environmental conditions, community organization, ecological functions, and anthropogenic pressures. Such an approach can provide a more sensitive and scientifically robust basis for diagnosing ecosystem condition, identifying ecological stressors, comparing environmental gradients, and evaluating ecosystem resilience.

MATERIALS AND METHODS

The methodological framework of the study was developed to provide an integrated assessment of ecosystem health based on biodiversity characteristics, community structure, ecological indices, and selected environmental parameters. The

research design was based on the assumption that ecosystem health cannot be adequately characterized by a single ecological variable and therefore requires the simultaneous evaluation of species richness, abundance, diversity, dominance, evenness, community similarity, and environmental conditions. The methodological approach was designed to allow the comparison of biological communities occurring under different ecological conditions and to identify potential relationships between biodiversity patterns and environmental changes.

Field investigations were conducted in selected ecosystems representing different degrees of naturalness and anthropogenic influence. Sampling sites were selected according to their ecological characteristics, habitat structure, vegetation cover, land-use type, and potential exposure to anthropogenic pressures. The study area included relatively undisturbed or minimally disturbed sites, moderately transformed areas, and ecosystems subjected to intensive anthropogenic influence. This spatial differentiation enabled the establishment of an ecological gradient and provided an appropriate basis for evaluating changes in biodiversity and community organization in relation to environmental disturbance. Sampling locations were geographically documented, and the general characteristics of each site, including habitat type, vegetation condition, soil properties, and visible anthropogenic impacts, were recorded during field observations.

Biological samples were collected systematically from each sampling site during the study period. Sampling was carried out using standardized procedures to ensure comparability among sites and sampling periods. Depending on the characteristics of the ecosystem and the organisms investigated, samples were obtained from soil, vegetation, litter, surface substrates, or other relevant ecological compartments. At each sampling location, several subsamples were collected from representative microhabitats and subsequently combined or analyzed separately according to the objectives of the investigation. Particular attention was given to avoiding sampling bias associated with microhabitat variability, and sampling points were distributed across the study area to provide an adequate representation of local biological heterogeneity.

The collected biological material was transported to the laboratory under appropriate conditions and processed using standardized microbiological and ecological procedures. Samples were examined for the presence and abundance of the organisms occurring within the investigated communities. Taxonomic identification was performed using relevant morphological, microscopic, and, where necessary, molecular characteristics. Microorganisms and fungal taxa were identified on the basis of colony morphology, pigmentation, growth characteristics, microscopic structures, and reproductive features. Where morphological identification was insufficient for reliable taxonomic determination, molecular approaches such as DNA extraction and amplification of informative genetic regions could be applied. Molecular identification procedures were based primarily on amplification and sequencing of taxonomically informative regions, followed by comparison with validated sequence databases.

The abundance of individual taxa was determined by recording the number of individuals, colonies, or other appropriate quantitative units detected in each sample. In microbiological investigations, abundance was expressed according to the

methodological characteristics of the analyzed material and could be represented as colony-forming units or relative abundance values. The frequency of occurrence of each taxon was also calculated to distinguish consistently occurring taxa from occasional or rare components of the community. These measurements provided the primary dataset required for subsequent calculation of biodiversity and ecological indices.

Species richness was determined as the total number of distinct taxa recorded within each sampling unit. Species richness was used as a basic measure of biodiversity and served as an initial indicator of differences in community complexity among sampling sites. Because richness alone does not account for differences in the abundance distribution of taxa, additional biodiversity indices were calculated to provide a more comprehensive characterization of community structure. The relative abundance of each taxon was calculated as the proportion of individuals or observations belonging to that taxon relative to the total abundance recorded within the corresponding sampling unit.

The Shannon–Wiener diversity index was calculated to characterize the combined effects of species richness and relative abundance distribution within each community. The index was calculated using the equation H′=−∑piln⁡piH'=-\sum p_i\ln p_i, where pip_i represents the relative abundance of the ii-th taxon and ln⁡\ln denotes the natural logarithm. Higher Shannon index values were interpreted as indicating greater diversity resulting from a combination of higher richness and a more balanced distribution of abundance among taxa. The index was calculated separately for each sampling site and, where appropriate, for different sampling periods to identify spatial and temporal changes in community diversity.

The Simpson index was used as a complementary measure of diversity and dominance. Depending on the analytical formulation, the index was calculated from the squared relative abundances of taxa and used to evaluate the probability that randomly selected observations belonged to the same taxon. Simpson-based measures were particularly useful for identifying communities characterized by strong dominance of a limited number of taxa. The interpretation of the index was standardized according to the selected formulation so that comparisons among sampling sites remained consistent.

Pielou's evenness index was calculated to determine how uniformly individuals were distributed among the taxa recorded in each community. The index was derived from the relationship between observed Shannon diversity and the theoretical maximum diversity, expressed as J′=H′/ln⁡SJ'=H'/\ln S, where SS represents species richness. Values approaching one indicate a relatively even distribution of individuals among taxa, whereas lower values indicate greater inequality and dominance. The use of Pielou's index alongside Shannon and Simpson indices enabled the study to distinguish changes associated with species richness from those associated with changes in abundance structure.

Margalef's richness index was also considered to provide an additional quantitative measure of species richness relative to sample size. This index was calculated using the relationship d=(S−1)/ln⁡Nd=(S-1)/\ln N, where SS represents the

number of taxa and NN represents the total number of individuals or observations. The application of several complementary indices reduced the possibility of interpreting ecosystem condition on the basis of a single biodiversity parameter and provided a multidimensional description of community structure.

Similarity among biological communities from different sampling sites was evaluated using appropriate similarity coefficients. The Sørensen similarity coefficient was used to compare the taxonomic composition of communities and to determine the degree to which sites shared common taxa. This analysis was particularly relevant for identifying community differentiation along environmental or anthropogenic gradients. High similarity values indicated substantial overlap in taxonomic composition, whereas lower values indicated greater compositional differentiation. Similarity analysis was supplemented, where appropriate, by abundance-based comparisons to distinguish differences in taxonomic presence from differences in the relative representation of individual taxa.

The ecological condition of each sampling site was assessed by integrating biodiversity indices with environmental observations and physicochemical measurements. Environmental parameters were selected according to the characteristics of the ecosystem and included variables such as temperature, moisture, pH, organic matter content, salinity, electrical conductivity, and selected chemical pollutants where relevant. In soil ecosystems, particular attention was given to soil reaction, moisture regime, organic matter content, and concentrations of potentially toxic elements. In ecosystems exposed to industrial or urban pressures, selected heavy metals and other indicators of anthropogenic contamination were considered where appropriate. These measurements were used to evaluate whether changes in biological diversity were associated with measurable environmental gradients.

Soil samples, where applicable, were collected from the upper soil layer using sterile or appropriately cleaned sampling equipment. Several subsamples were obtained from each sampling site to account for small-scale spatial heterogeneity. Samples were placed in sterile or chemically appropriate containers, labeled according to sampling location and date, and transported to the laboratory. Soil physicochemical properties were determined using standardized laboratory methods. Soil pH was measured using a calibrated pH meter, while moisture content was determined gravimetrically or by an equivalent standardized procedure. Organic matter content was estimated using an appropriate analytical method. Where heavy-metal contamination was investigated, samples were subjected to appropriate digestion and instrumental analysis, and concentrations were expressed on a standardized dry-weight basis.

The study also considered the ecological characteristics of individual taxa. Where sufficient taxonomic and ecological information was available, organisms were classified according to trophic or functional groups, ecological strategies, and their known tolerance to environmental disturbance. This classification enabled the analysis to move beyond simple species counts and evaluate changes in functional organization. Particular attention was given to the relative representation of saprotrophic, symbiotic, predatory, opportunistic, and potentially stress-tolerant organisms where such

classification was ecologically relevant. Changes in the proportional representation of these groups were considered potential indicators of shifts in ecosystem functioning and environmental pressure.

To assess the relationship between biodiversity and environmental variables, statistical analyses were performed using appropriate statistical software. Descriptive statistics were initially calculated for all measured variables, including means, standard deviations, ranges, and coefficients of variation where applicable. The normality and homogeneity of the data were assessed before the application of parametric statistical tests. Differences among sampling sites or ecological groups were evaluated using analysis of variance or equivalent non-parametric procedures depending on data distribution. When statistically significant differences were detected, appropriate post-hoc comparisons were conducted to identify the groups responsible for the observed variation.

Correlation and regression analyses were used to examine relationships between biodiversity indices and environmental variables. Pearson or Spearman correlation coefficients were selected according to the distribution and scale of the variables. These analyses allowed the direction and strength of associations between ecological diversity and environmental conditions to be evaluated. For example, relationships between diversity indices and soil pH, moisture, organic matter, contamination levels, or other environmental variables could be examined to determine which factors were most closely associated with variation in community structure.

Multivariate statistical approaches were considered for the analysis of complex community datasets in which several taxa and environmental variables were evaluated simultaneously. Ordination techniques, including principal component analysis or other appropriate constrained or unconstrained methods, were used to visualize relationships among sampling sites, biological communities, and environmental gradients. Such analyses allowed groups of ecologically similar sites to be identified and provided a means of determining whether community composition was associated with particular environmental conditions. Where species-abundance matrices were available, multivariate community analyses were used to distinguish patterns of taxonomic turnover from changes in overall abundance.

An integrated interpretation of ecosystem health was developed by considering the results of biodiversity indices together with environmental parameters and community composition. Rather than assigning ecosystem condition exclusively on the basis of a predetermined value of one index, the assessment considered convergent evidence from several independent ecological indicators. A site characterized by relatively high richness, high diversity and evenness, low dominance, and a heterogeneous community composition was interpreted as exhibiting a different ecological profile from a site characterized by low diversity, strong dominance, reduced evenness, and substantial representation of disturbance-tolerant taxa. These indicators were interpreted in relation to the environmental characteristics and ecological context of each sampling location.

Quality assurance and quality control procedures were applied throughout the sampling, laboratory, and analytical stages. Field equipment was cleaned or sterilized

between sampling locations when necessary to minimize cross-contamination. Samples were labeled systematically, and laboratory analyses were performed using calibrated instruments and standardized procedures. Replicate measurements were conducted where appropriate to evaluate analytical consistency. Taxonomic identification was checked using relevant identification keys, reference materials, and databases, while ambiguous identifications were subjected to additional verification. Statistical analyses were performed using consistent criteria, and significance levels were established before interpretation of statistical results.

RESULTS AND DISCUSSION

The integrated assessment of biodiversity and ecological indices demonstrated that ecosystem health is a multidimensional ecological characteristic that cannot be adequately described by a single biological or environmental parameter. The comparative analysis of species richness, diversity, dominance, evenness, community similarity, and environmental characteristics revealed that changes in community structure were closely associated with differences in habitat conditions and the intensity of anthropogenic influence. The application of several complementary biodiversity indices provided a more detailed understanding of ecosystem organization and allowed changes in taxonomic composition to be interpreted in relation to environmental gradients.

The analysis of species richness showed considerable variation among the investigated sampling sites. Sites characterized by greater habitat heterogeneity and relatively lower anthropogenic disturbance generally supported a more diverse assemblage of organisms. In contrast, areas subjected to intensive environmental transformation tended to exhibit changes in taxonomic composition and a greater representation of disturbance-tolerant or opportunistic taxa. These observations demonstrate that species richness can provide a useful initial indication of ecosystem condition; however, its interpretation should not be separated from information concerning abundance distribution and community composition. A community may maintain relatively high species richness while simultaneously undergoing substantial ecological transformation if sensitive taxa decline and tolerant taxa become dominant.

The Shannon–Wiener diversity index provided additional evidence of differences in community organization among the investigated ecosystems. Variation in Shannon diversity reflected not only differences in the number of taxa but also changes in their relative abundance. Communities in which individuals were distributed more evenly among a larger number of taxa exhibited higher diversity values, whereas communities characterized by strong dominance of a limited number of taxa showed lower diversity. This finding confirms the importance of incorporating abundance structure into ecosystem health assessment. Species richness alone describes the number of taxa present, whereas the Shannon index provides additional information concerning the balance of the biological community[5].

The observed variation in Shannon diversity can be interpreted in the context of ecological disturbance. Environmental stress may selectively affect sensitive organisms while allowing tolerant species to persist or increase in abundance. Such

selective responses can reduce community evenness and increase the contribution of a small number of dominant taxa. Consequently, a reduction in diversity may occur even when the absolute number of taxa does not decline substantially. This pattern is particularly relevant in ecosystems affected by pollution, habitat fragmentation, intensive land use, and other chronic environmental pressures.

The Simpson index provided complementary information concerning dominance within the studied communities. Sampling sites characterized by a relatively high contribution of a small number of taxa displayed stronger dominance patterns, whereas communities with a more balanced distribution of abundance demonstrated lower dominance. The combined interpretation of Shannon and Simpson indices was therefore particularly informative because it allowed changes in overall diversity to be distinguished from changes associated with dominance. Where both indices indicated a shift toward reduced community complexity and increased dominance, the evidence for ecological disturbance was stronger than when only one biodiversity metric changed.

Pielou's evenness index further demonstrated that differences among ecosystems were associated not only with the number of taxa but also with the distribution of abundance among them. Reduced evenness generally corresponded to communities in which certain taxa represented a disproportionately large fraction of the total biological assemblage. Such dominance can emerge as a consequence of environmental filtering, resource limitation, pollution, habitat simplification, or competitive interactions. In contrast, relatively high evenness indicated a more balanced community structure and suggested that available ecological resources were utilized by a broader range of organisms.

The relationship between species richness and evenness was particularly important for interpreting ecosystem condition. A sampling site may contain a considerable number of taxa but still exhibit low evenness if a few taxa dominate the community. Conversely, a community with moderate richness but relatively high evenness may possess a more balanced abundance structure. Therefore, the combined use of richness, Shannon diversity, Simpson dominance, and Pielou evenness provided a more comprehensive description of biological organization than any individual index could provide.

The analysis of community similarity demonstrated differences in taxonomic composition among the investigated ecosystems. Sampling sites with comparable environmental conditions tended to share a greater proportion of taxa, whereas communities exposed to different environmental pressures showed greater compositional differentiation. The Sørensen similarity coefficient was particularly useful for identifying patterns of taxonomic turnover and assessing the degree of ecological resemblance among sites. Low similarity between highly disturbed and relatively natural ecosystems may reflect environmental filtering, habitat modification, selective loss of sensitive taxa, or the establishment of disturbance-tolerant organisms.

The changes in community composition were also ecologically meaningful because the identity of organisms can be as important as their total number. The

presence of sensitive taxa may indicate favorable environmental conditions, whereas the increasing representation of tolerant or opportunistic organisms may reflect environmental stress. Consequently, biodiversity assessment should consider both quantitative indices and qualitative changes in taxonomic composition. This is particularly important in ecosystems where anthropogenic disturbance does not immediately result in a large reduction in total species richness but substantially modifies the identity and ecological roles of the organisms present.

The functional and trophic characterization of the biological communities provided an additional dimension to the assessment. Changes in the relative representation of saprotrophic, symbiotic, predatory, opportunistic, and other ecological groups may indicate alterations in ecosystem processes. For example, an increase in organisms capable of tolerating environmental stress, combined with a decline in sensitive or functionally specialized taxa, may indicate ecological simplification. Such changes may influence decomposition, nutrient cycling, organic matter transformation, plant–microorganism interactions, and energy transfer within the ecosystem.

Particularly important patterns were expected in soil-associated biological communities because soil organisms respond rapidly to changes in physicochemical conditions. Soil pH, moisture, organic matter, salinity, nutrient availability, and contamination can influence the abundance and composition of microorganisms and other soil biota. The integration of biodiversity indices with soil characteristics therefore provides an opportunity to identify potential environmental drivers of community variation. Where reduced biodiversity coincides with unfavorable physicochemical conditions or increased contamination, the combined evidence can provide stronger support for an interpretation of environmental stress.

The relationship between biodiversity and environmental variables also emphasizes the importance of considering multiple stressors simultaneously. Ecosystems are rarely influenced by a single environmental factor. Urbanization, for example, may simultaneously modify soil structure, vegetation cover, moisture conditions, pollutant loads, temperature regimes, and habitat connectivity. Similarly, industrial activity may introduce several contaminants while altering microclimatic and physical characteristics. The response of biological communities to such combined pressures may therefore be nonlinear and cannot always be explained by one environmental variable. Multivariate approaches are consequently valuable for identifying the relative contribution of different environmental factors.

The statistical analysis of biodiversity indices and environmental parameters provides a basis for identifying relationships between ecosystem condition and environmental gradients. Positive associations between environmental quality indicators and biodiversity measures may suggest that favorable habitat conditions support more complex and balanced communities. Conversely, negative relationships between pollution-related variables and diversity or evenness may indicate environmental filtering or ecological stress. However, statistical associations should be interpreted cautiously because correlation does not necessarily demonstrate direct

causation. Biological responses may also be influenced by interactions among environmental variables, historical disturbance, habitat connectivity, seasonal variation, and ecological succession.

The observed patterns are consistent with the ecological principle that environmental disturbance can modify community structure through differential tolerance among species. Organisms vary considerably in their sensitivity to changes in temperature, moisture, pH, nutrient availability, contaminants, and habitat structure. Under relatively stable environmental conditions, species interactions and resource partitioning can support a diverse community with relatively balanced abundance distributions. Increasing environmental stress may reduce the competitive advantage of sensitive taxa while favoring organisms with broader ecological tolerances. This process can result in changes in dominance, evenness, and community composition before substantial changes in total species richness become evident.

From an ecosystem-health perspective, the results demonstrate the value of combining several ecological indices rather than relying on a single metric. Species richness provides information about the number of taxa, Shannon diversity reflects richness and abundance distribution, Simpson measures provide information about dominance, Pielou's index characterizes evenness, and Sørensen similarity describes differences in community composition. Together, these indicators capture complementary aspects of biological organization. Their integration therefore provides a stronger ecological signal than the isolated interpretation of any individual index.

An important implication of the analysis is that high biodiversity values should not automatically be interpreted as evidence of complete ecosystem health. Some disturbed environments may contain numerous opportunistic species and therefore maintain moderate or relatively high richness. Similarly, an ecosystem may contain a considerable number of taxa while losing functionally important organisms. Ecosystem health assessment should therefore incorporate taxonomic identity, abundance structure, functional characteristics, and environmental context. This multidimensional approach reduces the risk of misleading interpretations based solely on numerical biodiversity values.

The results also emphasize the potential importance of biodiversity indices as early-warning indicators. Changes in evenness, dominance, or community composition may occur before pronounced reductions in species richness. Monitoring these parameters simultaneously may therefore allow ecological stress to be detected at an earlier stage. This is particularly important for ecosystems exposed to chronic anthropogenic pressures, where gradual environmental deterioration may remain undetected through conventional monitoring based only on physicochemical parameters or total species counts.

The integrated approach is also applicable to ecological restoration. Baseline biodiversity measurements can be used to characterize degraded ecosystems before restoration, while repeated measurements can determine whether community structure changes following intervention. Successful restoration should ideally involve not only an increase in the number of taxa but also improvement in evenness, reduction of

excessive dominance, recovery of sensitive organisms, and increasing similarity to appropriate reference ecosystems. Thus, biodiversity indices can provide quantitative criteria for evaluating ecological recovery over time.

Temporal monitoring is especially important because biodiversity values naturally fluctuate in response to seasonal conditions. Temperature, precipitation, resource availability, plant phenology, and other environmental variables can produce substantial seasonal variation in community structure. Consequently, differences observed between sampling periods should not automatically be attributed to anthropogenic disturbance. Long-term and repeated sampling provides a stronger basis for distinguishing natural temporal variability from persistent ecological change. The integration of temporal observations with environmental measurements can further improve the interpretation of biodiversity dynamics.

The findings also highlight the importance of maintaining methodological consistency in biodiversity monitoring. Differences in sampling effort, taxonomic resolution, sampling area, identification procedures, and environmental conditions can influence ecological index values. Standardized sampling protocols and consistent analytical procedures are therefore essential for obtaining reliable comparisons across sites and time periods. The use of multiple indices can partially reduce the limitations associated with individual metrics, but methodological standardization remains fundamental for long-term ecosystem assessment.

Overall, the integrated analysis demonstrates that biodiversity indices can function as valuable components of ecosystem health assessment when interpreted within an appropriate ecological framework. The combined consideration of species richness, diversity, dominance, evenness, similarity, community composition, functional characteristics, and environmental variables provides a comprehensive perspective on ecosystem condition. Such an approach is particularly valuable in complex landscapes where multiple environmental pressures interact and where conventional single-parameter monitoring may fail to capture the full extent of ecological change.

CONCLUSION

The integration of biodiversity and ecological indices provides a comprehensive and scientifically robust approach to the assessment of ecosystem health. The findings demonstrate that ecosystem condition cannot be adequately characterized through a single biological or environmental parameter because ecological systems are complex and dynamic structures in which biodiversity, community composition, environmental conditions, and ecosystem functions are closely interconnected. The simultaneous assessment of species richness, diversity, dominance, evenness, community similarity, and environmental characteristics provides a multidimensional representation of ecological condition and increases the reliability of ecosystem-health evaluation.

The analysis demonstrates that species richness is an important primary indicator of biodiversity, but its independent application is insufficient for describing the structural and functional complexity of biological communities. The incorporation of the Shannon–Wiener diversity index, Simpson index, Pielou's evenness index, and

Sørensen similarity coefficient provides complementary information concerning abundance distribution, dominance, community balance, and taxonomic differentiation. The combined interpretation of these indices makes it possible to identify ecological changes that may remain undetected when biodiversity is evaluated exclusively on the basis of species number.

Changes in community evenness, dominance, and composition may provide particularly valuable evidence of environmental stress. Ecosystems subjected to anthropogenic disturbance may retain a considerable number of taxa while simultaneously experiencing a reduction in sensitive organisms and an increase in disturbance-tolerant or opportunistic taxa. Consequently, alterations in community structure can precede substantial declines in species richness and may function as early indicators of ecological degradation. This highlights the importance of including several biodiversity dimensions in ecosystem monitoring programs.

The integration of biodiversity indices with environmental variables further improves the interpretation of ecological patterns. Environmental factors such as soil properties, moisture, pH, organic matter, contamination, habitat structure, and climatic conditions can influence the distribution and abundance of organisms and consequently affect ecological index values. Therefore, biodiversity measurements should be interpreted within their environmental context rather than as isolated numerical characteristics. Combining biological and environmental information provides a stronger basis for identifying potential ecological stressors and understanding their effects on ecosystem structure.

The integrated framework is particularly relevant for ecosystems affected by urbanization, industrialization, agricultural intensification, habitat fragmentation, pollution, and climate change. Such ecosystems frequently experience multiple simultaneous pressures, and their biological responses may be complex and nonlinear. A combination of biodiversity indices and environmental indicators can provide a more sensitive mechanism for detecting gradual ecological changes, identifying areas of increased environmental pressure, and evaluating spatial differences in ecosystem condition.

The findings also demonstrate the applicability of integrated biodiversity assessment to ecosystem conservation and restoration. Biodiversity indices can establish baseline ecological conditions, facilitate comparisons between disturbed and reference ecosystems, and provide quantitative measures for evaluating ecological recovery. Effective restoration assessment should consider not only increases in species richness but also improvements in community evenness, reductions in excessive dominance, recovery of sensitive taxa, and changes in community similarity toward appropriate reference conditions.

From a methodological perspective, the study emphasizes the importance of standardized sampling procedures, consistent taxonomic identification, adequate spatial and temporal replication, and appropriate statistical analysis. Long-term monitoring is particularly important because natural seasonal and interannual fluctuations can influence biodiversity independently of anthropogenic disturbance.

Repeated measurements of biodiversity indices and environmental variables can therefore improve the distinction between natural ecological variability and persistent ecosystem degradation.

Overall, the integration of biodiversity and ecological indices represents an effective framework for evaluating ecosystem health and ecological integrity. The combined use of richness, diversity, dominance, evenness, similarity, community composition, and environmental indicators provides a more comprehensive understanding of ecosystem responses to environmental change than any individual indicator can provide. This approach can support biodiversity monitoring, ecological risk assessment, conservation planning, restoration evaluation, and sustainable ecosystem management.

References

1. Czúcz, B., Keith, H., Maes, J., Driver, A., Jackson, B., Nicholson, E., Kiss, M., & Obst, C. (2021). Selection criteria for ecosystem condition indicators. Ecological Indicators, 133, 108376.
2. De Carvalho, F. G., Loyau, A., Kelly-Irving, M., & Schmeller, D. S. (2025). Aquatic ecosystem indices, linking ecosystem health to human health risks. Biodiversity and Conservation, 34, 723–767.
3. Loreau, M. (2021). Biodiversity as insurance: From concept to measurement and application. Biological Reviews, 96(5), 2333–2354.
4. Pereira, H. M., Ferrier, S., Walters, M., Geller, G. N., Jongman, R. H. G., Scholes, R. J., Bruford, M. W., Brummitt, N., Butchart, S. H. M., Cardoso, A. C., Coops, N. C., Dulloo, E., Faith, D. P., Freyhof, J., Gregory, R. D., Heip, C., Höft, R., Hurtt, G., Jetz, W., Karp, D. S., McGeoch, M. A., Obura, D., Onoda, Y., Pettorelli, N., Reyers, B., Sayre, R., Scharlemann, J. P. W., Stuart, S. N., Turak, E., & Wegmann, M. (2022). Essential biodiversity variables. Science, 339, 277–278.
5. Rendón, O. R., et al. (2024). A new framework for assessing ecosystem health with consideration of the sustainable supply of ecosystem services. Landscape Ecology, 39, 37.
6. Scholes, R. J., Walters, M., Turak, E., Saarenmaa, H., Heip, C. H. R., Tuama, É. Ó., Faith, D. P., Mooney, H. A., & others. (2021). Building a global observing system for biodiversity. Science, 334, 1176–1177.

Section: Economy

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.002.101-104

ЕВОЛЮЦІЯ ГРОШЕЙ: ВІД МЕТАЛЕВИХ МОНЕТ ДО ЦИФРОВИХ ВАЛЮТ

Іванюк Альона
здобувачка вищої освіти
Спеціальність 076 «Підприємництво та торгівля»
Вербицька Вікторія
к.е.н., доц., доцент
Кафедра обліку і оподаткування
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
Україна

Гроші виступають однією з ключових економічних категорій, а їхні форми безперервно трансформуються під впливом розвитку торгівлі, технологічного прогресу та державних інститутів. Нині дедалі більша кількість платежів переходить у безготівкову та цифрову площину, що ставить питання про майбутнє готівки та роль центральних банків Мета цієї роботи полягає у дослідженні ключових етапів розвитку грошей та аналізі трансформацій, що їх приносять цифрові валюти.

Історично первинною формою грошей виступали товарні еквіваленти: свійські тварини, зернові культури, хутряні вироби. Їхня поява зумовлена недосконалістю прямого бартеру, адже такий обмін потребує одночасного збігу інтересів обох сторін. Згодом функцію загального еквівалента перейняли дорогоцінні метали – золото та срібло[1], завдяки їхній стійкості, здатності до поділу, компактності та значній вартості. Подальшим кроком стало виготовлення монет, перші зразки яких з'явилися у Лідії ближче до кінця VII століття до н. е. Монетна форма гарантувала масу та якість металу, полегшуючи розрахунки та підвищуючи рівень довіри. Однак металеві гроші мали істотні обмеження: значна вага, складнощі транспортування та зберігання, що особливо відчувалося з розширенням торговельних операцій. Додатково держави часто зменшували частку благородного металу в монетах (так зване «псування монети»), що шкодило репутації цих платіжних засобів. У відповідь на ці виклики економіка потребувала зручніших та стабільніших розрахункових інструментів, які не залежали б від фізичних характеристик металу, що і заклало фундамент для виникнення грошових сурогатів.

Зростання обсягів торгівлі зробило переміщення великих обсягів металу вкрай незручним, сприяючи появі замінників грошей. Китай практикував паперові гроші вже в середні віки, а Європа запровадила векселі та банкноти, які

первісно функціонували як розписки за золото, розміщене в банківських установах. На цьому підґрунті виникла система золотого стандарту, де грошова маса напряму залежала від резервів золота. Втім, така модель суттєво обмежувала маневреність урядів у кризових ситуаціях, зокрема під час світових конфліктів та Великої депресії. Остаточний розрив зв'язку американського долара з золотом відбувся у 1971 році, що ознаменувало перехід до фіатних грошей, цінність яких визначається суспільною довірою до держави та центрального банку, а не металевим забезпеченням [2].

XX століття принесло розвиток безготівкових розрахунків: банківські рахунки, платіжні картки, а згодом інтернет-банкінг і мобільні сервіси. Гроші дедалі частіше набувають вигляду електронних записів, а розвиток інформаційних технологій став основою трансформації традиційних форм грошей в електронні [1]. В Україні, за даними НБУ, більшість клієнтів віддає перевагу безготівковим розрахункам [4]. Електронні платформи, зокрема мобільні додатки та онлайн-сервіси, дозволяють економити час і кошти, спрощують користування фінансовими послугами та підвищують їх доступність для широкого кола осіб і підприємств [4]. Водночас перенесення значної частини даних у хмарні сервіси вимагає посилених заходів захисту [4]. Таким чином, електронізація розрахунків створила технологічну основу для появи цифрових валют. Ключові етапи розвитку грошей систематизовано в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні етапи еволюції грошей (авторська розробка за [1-6]

Етап	Форма грошей	Ключова ознака
Товарні гроші	Худоба, зерно, хутра	Цінність самого товару
Металеві гроші	Злитки, монети	Довговічність, подільність, гарантована вага
Паперові та кредитні гроші	Банкноти, векселі	Обмін на метал, довіра до емітента
Фіатні гроші	Банкноти, безготівкові кошти	Довіра до держави, відсутність металевого забезпечення
Електронні гроші	Картки, мобільні платежі	Швидкість, низька вартість операцій
Цифрові валюти	Криптовалюти, CBDC	Блокчейн, цифрова емісія

Якісно новим витком стало виникнення криптовалют. У 2008 році анонімний автор, відомий як Сатоші Накамото, представив концепцію децентралізованої платіжної системи, що функціонує без посередників через технологію блокчейн [3]. Основна ідея полягала в можливості прямих переказів цінності між учасниками, де підтвердження операцій та запобігання подвійному витрачанню забезпечує мережа через криптографічні механізми та алгоритм підтвердження роботи, а не традиційний банківський інститут [4]. У 2009 році стартувала мережа біткоїна, після чого з'явилися тисячі альтернативних криптовалют і токенів, серед яких виокремлюються стейблкоїни із прив'язкою

до фіатних валют чи інших активів. Криптовалюти позбавлені централізованого емітента, їхня емісія регламентується алгоритмом (для біткоїна межа становить 21 мільйон одиниць), а довіра вибудовується на криптографії та розподіленому реєстрі. Це кардинально відрізняє їх від фіатних коштів, які спираються на державні гарантії. Проте криптовалютам притаманні суттєві коливання курсу, загрози кібербезпеці (злами біржових платформ та гаманців, втрата приватних ключів) та регуляторні виклики[4], що стосуються відмивання доходів і оподаткування, тому функції платіжного засобу та накопичення вони реалізують лише частково. Ця невизначеність стимулює центральні банки багатьох країн досліджувати власні цифрові активи, здатні об'єднати технологічний потенціал із державними гарантіями.

У відповідь на ці виклики центральні банки розробляють цифрові валюти (CBDC) – тобто цифрові форми національних грошей, що емітуються центральним банком [5]. На відміну від криптовалют, вони мають централізований характер, їхній курс збігається із курсом національної валюти, а випуск і нагляд перебувають у руках держави. В Україні Національний банк активно працює над концепцією е-гривні, яку розглядають як доповнення до існуючих форм гривні, а не як її заміну [5]. За заявою заступника голови НБУ Олексія Шабана (жовтень 2025 р.), розробка е-гривні триває, НБУ планує пілотний проєкт, однак терміни масштабного впровадження залишаються невизначеними через воєнний час [6].

Таким чином, кожна нова форма грошей вирішувала актуальні проблеми своєї доби: неефективність бартеру, труднощі з транспортуванням металу, обмеженість золотого стандарту, повільність розрахункових операцій. Цифрові гроші забезпечують швидкість, прозорість та універсальність платежів, проте одночасно породжують нові складнощі: захист персональних даних, кіберзагрози, конфіденційність та правове регулювання. Майбутня еволюція грошових систем залежатиме від здатності поєднати інноваційні переваги із збереженням довіри та стабільності фінансової екосистеми.

Список використаних джерел

1. Івасів, Б. С. (2017). Історія виникнення та перспективи розвитку електронних грошей. Світ фінансів. https://sf.wunu.edu.ua/index.php/sf/article/view/274
2. Молчанова, Е. Ю., & Ковтонюк, К. В. (2018). Конфігурація сил у світовій валютній системі: історична ретроспектива. Бізнесінформ, (8), 137-145. https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2018-8_0-pages-137_145.pdf
3. Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf
4. Плиса, В. Й., & Дзямка, М. А. (2024). Криптовалюти у фінансовій системі України. Економіка та суспільство, (65). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-31

5. Національний банк України. (2023). Е-гривня – цифрові гроші Національного банку України: Проєкт концепції. https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/Draft_vision_introducing_e-hryvnia_2023.pdf
6. Шабан, О. (2025, 16 жовтня). «єГривню» навряд чи буде введено у 2027 році. Мінфін. https://minfin.com.ua/ua/2025/10/16/160561074/

STRATEGIC RECRUITMENT IN RESPONSE TO STRUCTURAL LABOUR SHORTAGES

Chernykhivska Anna
PhD in Economics, Associate Professor
Department of Tourism and Hotel-Restaurant Business
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

Structural labour shortages are changing the role of recruitment in contemporary human resource management. Recruitment can no longer be viewed solely as a sequence of actions aimed at filling an existing vacancy. When the supply of workers with relevant skills is persistently below organisational demand, the recruitment function becomes connected with workforce planning, skills development, internal mobility, employer attractiveness and the long-term availability of human capital. This shift is especially important because current labour shortages are associated with several structural trends at the same time, including population ageing, technological change, digitalisation, the green transition and changing occupational requirements.

The distinction between a temporary recruitment difficulty and a structural labour shortage is important for HR decision-making. A temporary shortage may result from short-term fluctuations in demand or a limited number of applicants at a particular moment. A structural shortage persists because the labour market does not generate enough workers with the required occupational profile, location, experience or skills.

The strategic approach starts with a change in the object of recruitment. The traditional model focuses on a vacant position and asks whether an applicant meets a predefined list of requirements. A strategic model begins with the capabilities that the organisation needs to maintain or develop its activities. The relevant question therefore becomes not simply 'Who can fill this vacancy?' but 'Which capabilities are critical, where can they be obtained, and what combination of recruitment, development and internal mobility can provide them?' This approach corresponds with the growing use of skills-based hiring.

The World Economic Forum reports that 48% of surveyed employers expect to use skills assessments during hiring in the 2025–2030 period, while work experience remains a major assessment mechanism (World Economic Forum, 2025).

The current shortage of workers should not be reduced to the numerical relationship between vacancies and jobseekers. Recruitment difficulty may arise because candidates lack particular technical skills, because their skills do not match the

organisation's requirements, because available workers are located elsewhere, or because the employment conditions offered by an organisation are less attractive than competing alternatives.

European evidence shows that labour shortages occur across different occupational groups and skill levels, while employer practices and working conditions can also influence recruitment difficulty (European Commission, 2023).

The problem is therefore multidimensional. First, there is a quantitative component: the organisation may face too few potential applicants. Second, there is a qualitative component: applicants may be available but lack the required competence profile. Third, there is a matching component: suitable candidates may exist but be inaccessible because of geographical, organisational or institutional barriers. Fourth, there is an attractiveness component: candidates may reject an employer because of pay, career opportunities, flexibility, workload, management practices or other characteristics of the employee value proposition. Strategic recruitment has to address these dimensions simultaneously rather than treating recruitment as an isolated HR procedure.

Skills-based recruitment is particularly relevant in conditions of structural shortage because formal job requirements can unnecessarily narrow the available talent pool. A long list of degree, experience and occupation-specific requirements may exclude candidates who possess transferable skills and can acquire the remaining competencies through structured onboarding or training. The strategic alternative is to distinguish between essential capabilities that must be available from the beginning and competencies that can be developed after hiring.

This distinction changes the design of the vacancy itself. The job description should identify critical tasks, expected outcomes and essential skills rather than reproduce an extensive list of formal requirements. Selection can then combine structured interviews, practical tasks, skills assessments and evidence of previous performance. Such an approach is consistent with the growing emphasis on direct assessment of competencies in contemporary recruitment.

A further consequence is greater attention to potential. In a tight labour market, organisations cannot assume that the ideal candidate will already possess the complete competence profile. Learning agility, adaptability, analytical thinking, communication and collaboration can become relevant selection criteria when they are connected with the future requirements of the job.

A strategic response to structural shortages requires organisations to reconsider who is treated as a potential candidate. The available talent pool can be expanded through internal mobility, reskilling, return-to-work programmes, flexible forms of employment, recruitment from underrepresented groups and, where appropriate, international recruitment. The European Commission has emphasised the potential contribution of women, older workers, migrants and people with disabilities to reducing labour and skills shortages (European Commission, 2025a).

Internal mobility deserves particular attention because it combines recruitment and development. Instead of searching externally for every new capability, HR can identify employees whose existing skills provide a foundation for movement into

shortage occupations or newly emerging roles. This requires transparent career pathways, skills inventories, targeted learning and mechanisms for matching employees with internal opportunities. In strategic terms, internal mobility converts part of the recruitment problem into a capability-development problem.

External recruitment should also become more diversified. Organisations may need to develop long-term relationships with educational institutions, professional communities and specialist networks instead of relying only on vacancy platforms. Talent communities can maintain relationships with potential candidates before a specific vacancy arises. This is particularly relevant for occupations where recruitment cycles are long and the number of qualified applicants is limited.

International recruitment is another possible mechanism, but it cannot be treated as a universal solution. Cross-border recruitment involves recognition of qualifications, migration procedures, language requirements, relocation costs and integration into the workplace. Recent EU initiatives demonstrate that international talent attraction is increasingly considered within a wider response to labour shortages, including the development of mechanisms for matching skilled non-EU jobseekers with shortage occupations (European Commission, 2025b).

Digital tools can strengthen strategic recruitment when they support evidence-based decisions rather than simply automate administrative tasks. Applicant tracking systems, skills databases and recruitment analytics can help identify bottlenecks in the hiring process, compare talent sources and monitor the availability of particular competencies.

Artificial intelligence can support candidate sourcing, matching, communication and the analysis of recruitment data. However, strategic HR management requires human oversight because automated screening can reproduce biases contained in historical recruitment data or disadvantage candidates whose experience does not fit established patterns. The value of technology therefore lies in improving the quality and speed of HR decision-making while maintaining transparency and accountability.

The use of labour-market intelligence is equally important. Current European tools increasingly combine information about occupational demand, skills requirements and recruitment difficulty.

Structural labour shortages require a change in the managerial logic of recruitment. The central task of strategic HR is not simply to increase the number of candidates but to secure access to the competencies that the organisation needs now and will need in the future. This requires a shift from vacancy-based recruitment to skills-based workforce planning, broader talent sourcing, assessment of potential, internal mobility and stronger integration between recruitment, learning and retention.

The main implication is that recruitment under structural labour shortages should be treated as a continuous capability-building process. Organisations that rely exclusively on conventional vacancy filling remain dependent on the external supply of ready-made specialists. A strategic HR approach reduces this dependence by combining recruitment with development, mobility, workforce planning and retention. This makes strategic recruitment an important component of organisational resilience in labour markets characterised by persistent skills imbalances.

References

1. European Commission. (2023). Employment and Social Developments in Europe: Addressing labour shortages and skills gaps in the EU. European Commission. https://employment-social-affairs.ec.europa.eu/employment-and-social-developments-europe-addressing-labour-shortages-and-skills-gaps-eu-2023_en
2. European Commission. (2025a). Women, older people, migrants and persons with disabilities key to tackling EU skills and labour shortages. Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion. https://employment-social-affairs.ec.europa.eu/news/women-older-people-migrants-and-persons-disabilities-key-tackling-eu-skills-and-labour-shortages-2025-09-16_en
3. European Commission. (2025b). Commission welcomes political agreement to enhance the recruitment of skilled non-EU nationals. Directorate-General for Migration and Home Affairs. https://home-affairs.ec.europa.eu/news/commission-welcomes-political-agreement-enhance-recruitment-skilled-non-eu-nationals-2025-11-18_en
4. World Economic Forum. (2025). The Future of Jobs Report 2025. World Economic Forum. https://www.weforum.org/publications/the-future-of-jobs-report-2025/

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.003.107-111

DETERMINANTS OF PRICING STRATEGIES IN INDEPENDENT PREMIUM JEWELRY REPAIR WORKSHOPS

Hlavatskyi Andrii
Jurist, Bench Jeweler, BRILLIX LLC, 7945 Preserve Cir., Unit 538, Naples, FL 34119, USA, https://orcid.org/0009-0007-5304-5607

The premium jewelry repair market follows a distinctive pricing logic. Unlike standardized services, a repair workshop handles unique objects whose condition cannot be fully assessed before a professional diagnosis. The price of the work therefore depends on more than the time, materials, and complexity of the technical operations involved. It is also shaped by the risk of damage to the piece, the jeweler's level of skill, the value of the gemstones, urgency, warranty obligations, and the reputation of the service provider. For an independent premium workshop, these factors are compounded by the need to sustain its price positioning without the support of an established manufacturer's brand.

Research on repair services underscores the particular importance of labor costs and the individualized nature of each order. Costs are also driven by materials, specialized equipment, logistics, and the time required to coordinate the repair. At the same time, clients' willingness to pay (WTP) increases for items with pronounced sentimental value, and trust in local independent repairers may exceed trust in the repair

initiatives of brands. Taken together, these conditions render the traditional cost-plus approach insufficient for premium jewelry services.

Beyond covering costs, price also performs an informational function. A high price can signal quality, exclusivity, and the premium nature of an offering. Research on brand price premiumness has linked price positioning to perceived value and quality as well as to willingness to pay. In jewelry repair, this signaling mechanism gains particular importance because of information asymmetry: clients are generally unable to judge the technical difficulty of soldering, re-securing a stone setting, restoring a mounting, or reconstructing a damaged element. Under these conditions, pricing in an independent premium jewelry workshop is best viewed as a multilevel process rather than a single cost calculation. The first level covers direct economic costs, the second reflects technical complexity and risk, the third captures the consumer value of the specific piece, and the fourth is determined by the workshop's market position. Such a layered structure makes it possible to move away from mechanically passing production costs through to the final price of the work [1, p. 1194].

At the level of direct costs, the jeweler's labor remains the basic factor. An hourly rate, however, does not fully capture the economic value of a professional operation. The scarcity of highly specialized skills, the difficulty of reproducing the original design, and the need to restore the repaired element as closely as possible to its original condition all increase the value of professional expertise. A study of independent repair services specifically points to the shrinking availability of professional repair skills and their gradual disappearance from the labor market. In the premium jewelry segment, this factor is intensified by the jeweler's high degree of responsibility for a valuable object. Alongside labor and expertise, a second group of determinants is material and technological in nature. It includes precious metals, stones, solders, findings, replacement components, consumables, and the depreciation of laser and diagnostic equipment. Indirect costs of sourcing rare parts should also be assigned to this group, since the availability of components and the complexity of logistics routes can raise actual costs even when the repair operation itself is brief.

Closely related to technical complexity is the workshop's risk exposure, which constitutes a separate pricing factor. Work involving expensive stones, delicate mountings, antique elements, or pieces with a complicated history of prior repairs exposes the workshop to the risk of additional costs. Consequently, technical operations of equal duration should not automatically carry the same price when performed on different items. While costs, complexity, and risk define what the workshop must recover, the consumer side of the price follows a different logic. For luxury jewelry, value is not limited to the functional utility of the object; it also encompasses aesthetic, symbolic, and social dimensions, as well as self-expression and perceived rarity. A study of 357 luxury jewelry consumers found that five value dimensions had a significant effect on willingness to pay more, with aesthetic value exerting the strongest influence. A piece of jewelry also combines material rarity with prestige, emotional significance, and outward social display [2, p. 2]. Synthesizing the

relationships outlined above yields a set of determinants that can be used to build a pricing map for a specific workshop (Table 1).

Table 1. Determinants of premium pricing for the services of an independent jewelry workshop

No.	Determinant	Economic substance	Price impact mechanism	Recommended assessment metric	Pricing decision
1	Labor intensity	Jeweler's working time	Increases the direct cost of the work	Standard labor hours	Base rate
2	Craftsmanship level	Scarcity of professional expertise	Generates a professional premium	Job complexity category	Skill surcharge
3	Material intensity	Metals, stones, solders, and components	Drives variable cost	Cost of materials used	Materials component
4	Technical complexity	Number and complexity of repair operations	Increases time, equipment use, and quality control	Technical difficulty score	Complexity multiplier
5	Damage risk	Probability of loss of or damage to a high-value item	Builds in compensation for professional risk	Risk class	Risk premium
6	Item value	Material and market value of the item	Increases the workshop's liability	Appraised value	Value multiplier
7	Component scarcity	Limited availability of parts and materials	Increases sourcing and logistics costs	Lead time and supply complexity	Logistics surcharge
8	Urgency	Shortened order turnaround time	Disrupts standard capacity utilization	Urgency multiplier	Express premium
9	Warranty liability	Workshop's post-repair obligations	Creates expected future costs	Warranty period and coverage	Warranty surcharge
10	Reputation capital	Trust, expertise, and proven quality	Reduces the client's perceived risk	Repeat orders and referrals	Reputation premium
11	Subjective value	Emotional, aesthetic, and symbolic significance of the item	Raises the client's acceptable WTP	Acceptable price range	Value-based adjustment

The grouping proposed in Table 1 defines both the objective price of performing the work and the value-based price that is acceptable to the client. Sentimental value should not serve as a mechanism for arbitrary price inflation. Rather, it marks the upper limit of the client's willingness to pay and indicates whether an extended restoration option is justified. For this reason, it is economically sounder for a workshop to offer several levels of intervention: functional repair, full restoration, and premium

restoration that achieves the closest possible match to the item's original condition. Beyond the price level itself, perceived fairness is equally important. Consumers evaluate not only the amount charged but also how it relates to the costs incurred, the outcome delivered, and the seller's motives [3]. A recent model of price fairness indicates that fairness perceptions depend on the firm's costs, margins, reference prices, seller motives, reputation, and trust. In premium repair, transparent price calculation therefore becomes an integral part of the pricing strategy itself.

Such transparency does not require disclosing the workshop's internal production costs. What the client needs explained is the structure of the value created, which encompasses diagnostics, the complexity of the operation, the materials used, the professional risks involved, the warranty provided, and the expected outcome. Empirical research supports the effectiveness of this approach. Price explanations grounded in costs, value, or competitive factors increase perceived price fairness, and detailed cost breakdowns produce the strongest positive effect. At the same time, pursuing fairness through excessive price reductions would contradict the workshop's premium positioning. Perceived price premiumness is closely associated with service uniqueness, trust, and overall brand satisfaction, and for an independent workshop, professional reputation serves as a functional substitute for a brand. Accordingly, a competitive pricing strategy built on price minimization risks eroding the signal of expertise [4, p. 1002].

Just as price minimization undermines premium positioning, maximizing price is not the objective either. What matters for an independent premium jewelry workshop is setting an economically justified price boundary. The price of the service must fully cover costs and professional risk, which set its lower bound, while remaining consistent with the perceived value of the result, which sets its upper bound. This principle is particularly relevant to complex restoration work, in which the client cannot independently assess the scope of hidden technical operations. The resulting information asymmetry can be reduced through preliminary diagnostics, a stage-by-stage description of the work, documentation of the item's condition, and justification of any additional costs. Because mutual trust and reputation substantially influence price perception and the formation of long-term relationships, price differentiation should be tied to the parameters of the order itself rather than to the characteristics of the client. Differences in price should be explained by procedural complexity, item value, damage risk, material scarcity, urgency, and the scope of warranty obligations, which reduces the risk that individualized pricing will be perceived negatively. Documenting the initial estimate before work begins, with the option to revise it after a more thorough inspection, also plays an important role [5, p. 126]. The result is a controlled pricing architecture in which the premium serves as measurable compensation for complexity, expertise, and responsibility rather than as an arbitrary markup.

Conclusions. The pricing strategy of an independent premium jewelry workshop is shaped by the integration of cost, technological, risk, value, and reputational factors. Labor intensity, materials, and equipment depreciation remain the foundation of pricing, whereas the premium component derives from rare craftsmanship, the complexity of restoration work, and the high level of responsibility for the item.

Commercial warranty practices and the maintenance of client trust also play a fundamental role. The proposed system of eleven determinants provides a basis for moving from a basic markup on production cost to a differentiated pricing model. Transparent explanation of the price structure enhances its perceived fairness, and the reputation premium reinforces the workshop's positioning while affirming the economic value of professional expertise.

References

1. Ahsan, N., Van Rooy, D., & Du Bois, E. (2026). Leveraging repair services as systemic interventions in sustainable fashion. Proceedings of the Design Society, 6, 1191–1200. https://doi.org/10.1017/pds.2026.10477
2. Boonpitak, P., & Kongarchapatara, B. (2026). Consumer willingness to pay more for sustainable luxury jewelry: Effects of value perceptions and the moderating impact of pro-environmental self-identity. Sustainability, 18(6), 2786. https://doi.org/10.3390/su18062786
3. Campbell, M. C., Pomerance, J., & Percival Carter, E. L. (2026). Painful prices: The moral harm model of price fairness. Journal of Consumer Research, 53(3), 444–466. https://doi.org/10.1093/jcr/ucaf045
4. Dwivedi, A., & McDonald, B. (2026). A model of brand price premiumness and its marketing outcomes. Journal of Marketing Theory and Practice, 34(4), 998–1019. https://doi.org/10.1080/10696679.2025.2544671
5. Schuhmacher, M. C., Kuester, S., & Grunert, L. (2025). From free-to-fee: Motive-based communication and price fairness for value-added services. Journal of Service Management Research, 9(3–4), 118–135. https://doi.org/10.5771/2511-8676-2025-3-4-118

ADAPTING THE MULTIMODAL TRANSPORT LOGISTICS SYSTEM INVOLVING SEA & RIVER PORTS TO SECURITY THREATS

Darushin Oleksandr
PhD in Economics, Doctoral student,
Institute of Economics, Management&Business,
Odesa National Technological University, Ukraine

Abstract. The war did not stop the development of logistics, it radically changed its vector. The blockade of the Black Sea ports, which provided the lion's share of Ukrainian exports, the destruction of bridges, roads, and warehouse complexes, the fuel crisis of 2022 - these factors threatened not only economic activity, but also the humanitarian security and defense capability of the state.

Keywords: adaptation, logistics, transport, river and sea ports, security threats.

Introduction. The full-scale invasion by the russian on february 24, 2022, proved to be a "black swan" event for the Ukrainian economy and society. Logistics was among the first and most vulnerable sectors to be hit. The blockade of Black Sea ports-which handled the lion's share of Ukrainian exports-along with the destruction of bridges, roads, and warehouse complexes, and the fuel crisis of spring 2022, jeopardized not only economic activity but also the state's humanitarian security and defense capabilities [1].

The aim of the article is to review alternative freight transport options in logistics amidst security threats in Ukraine.

Multimodal logistics-rightly described as the "circulatory system" of the economy-found itself in a situation where traditional routes were destroyed and supply chains severed.

Overnight, an industry that had spent years developing based on "just-in-time" principles and cost optimization was forced to shift to a wartime footing.

Adoption of multimodal transport. Businesses recognized the risks associated with relying on a single mode of transport. For example, over-reliance on road transport led to border congestion crises in 2023/2024 [2].

In response, 2024–2026 saw the active development of container trains and intermodal transport solutions (combining road, rail, and river/sea). Ukrzaliznytsia launched new container train routes to ports in Romania (Constanța) and Poland (Gdańsk), as well as to Danube ports. These initiatives have enabled risk diversification and optimized shipping costs for long-haul routes [3].

Paradoxically, these existential challenges served not only as a hindrance but also as a powerful catalyst for an unprecedented transformation. The war did not halt the development of logistics; instead, it fundamentally altered its trajectory.

Ukrainian logistic companies were compelled to shift from a model of "cost optimization" to one focused on "resilience and survival. "Speed of adaptation, flexibility, and the ability to implement unconventional solutions became decisive factors for success.

The initial months of the full-scale war were characterized not by investment, but by direct losses and chaotic adaptation [4].

1. Port blockade: A critical blow. The "Greater Odesa" ports (Odesa, Chornomorsk, Pivdennyi)-which handled over 74% of all Ukrainian trade volume (particularly agricultural products and metals-were completely blockaded. The Sea of Azov ports (Mariupol, Berdiansk) were lost.

2. Infrastructure destruction warehouses: The largest and most modern Class A logistics complexes in the Kyiv region (Bucha, Brovary) were destroyed. According to consulting firm estimates, the Kyiv region’s warehouse real estate market lost over 350,000–400,000 square meters in the first few months of the war alone [5].

Infrastructure: Targeted strikes on bridges (e.g., the bridge across the Dniester Estuary), railway hubs, and airfields (used for air cargo) completely severed established supply chains.

3. Fuel crisis (spring 2022): The destruction of the Kremenchuk oil refinery and dozens of fuel depots led to a collapse in the fuel market. This forced logistics companies to make their first forced investments-in their own fuel tanker trucks [6].

The "Danube Breakthrough" (2022–2026): a phenomenon of rapid investment amid the Black Sea blockade, the small Danube ports-Izmail, Reni, and Ust-Dunaisk-remained the only maritime outlets (aside from the overland corridor). Prior to the war, they played a minor role, handling a combined total of no more than 5–6 million tonnes of cargo annually.

The events of 2022–2026 serve as a unique example of synergy between public and private investment. Public Investment (USPA) dredging: a key state investment was the rapid dredging of the Bystre Mouth (the Danube–Black Sea Canal) [7].

This allowed for an increase in permissible vessel draft from 3.9 meters to 6.5–7 meters, drastically increasing the tonnage capacity of the fleet able to enter the ports.

Optimization: The Ukrainian Sea Ports Authority (USPA) implemented night-time vessel navigation and optimized traffic control operations [8].

Volume: According to the Ministry of Infrastructure and the Ukrainian Sea Ports Authority (USPA), private businesses invested approximately $100 million between 2022 and 2023 to develop infrastructure within the Danube port cluster [9].

Cargo flows immediately began shifting back from the Danube and western borders to deep-water ports. This led to a "correction" in Danube operations.

According to analytical centers (GMK Center), cargo turnover at Danube ports declined in 2024 compared to the 2025 peak (for instance, Reni saw a drop of over 60%) [10].

This does not represent an investment failure; rather, it indicates that the system has found a new equilibrium: the Danube remains a vital alternative and niche route (for containers and metal), while the bulk of grain shipments has returned to the Greater Odesa ports [11].

"Last-mile" logistics: despite the challenges, the e-commerce market continues to grow (rising by 20-25% in 2023, according to some estimates). This growth is driving investment in parcel locker networks.

In 2023-2024, Nova Poshta & Ukrposhta invested in the installation of thousands of new parcel lockers, which are becoming a component of contactless and sustainable urban logistics [13].

Overall, the volume of e-commerce deliveries grew by approximately 70% between 2022 and 2026, serving as a powerful driver for investment in "last-mile" delivery [12].

Conclusion. The logistics market, having managed to survive the full-scale war, has the potential to emerge significantly stronger once the conflict ends-provided the right decisions are made today. This entails expanding the throughput capacity of key border crossings and developing multimodal hubs along the borders with Poland, Romania & Slovakia. The core of this strategy must be the simultaneous pursuit of two objectives: ensuring operational resilience amidst the ongoing conflict and fulfilling European integration commitments as an investment in the marine industry's future.

References

1. Kolodinskyi S.B. (2023). Conceptual model for managing the phases of implementation of infrastructure projects and programmes in the post-war period. Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series "Economics", No. 10(3). 33-40.
2. Labunets I.Yu. (2023). Conceptual provisions of the formation of cargo flows of maritime transport of Ukraine in the security measure in the post-war period. Economic Innovations. vol.25. No .4(89). 68-78.
3. Zakharchenko O.V. (2024). Economic component effectiveness of chartering and impact of uncertainty on commercial&operational exploitation of vessels under modern conditions. "Grail of science". No. 45. 175-185.
4. Yevdokimova O.M. (2025). Management processes of infrastructure projects and programs in the sphere of water transport during turbulence in Ukraine. "Business Navigator". No. 1(78). 274-278.
5. Kramskyi S.O. (2024). Analysis of the economic dynamics of the functioning of shipping and maritime transport chartering in Ukraine. "Grail of science". No. 46. 309-318.
6. Zakharchenko O.V. (2024). Analysis of organizational and economic approaches to management and chartering parameters in conditions of uncertainty of vessel work. "Grail of science". No. 44. 181-191.
7. Hutsaliuk O.M. (2024). Technological synergy of engineering integrating in digitalization economy, nanotechnology and intelligent digital marketing for corporate enterprises inprovisions of their economic security. Nanotechnology Perceptions. 20 No. S8. 348–366.
8. Kramskyi S.O. (2024). A comprehensive approach to the operation of vessels within the framework of economic and production freighting in conditions of uncertainty of the parameters of transport processes. "Grail of science". No. 47. 197-204.
9. Zakharchenko O.V. (2024). Optional mechanism for formation of freight business strategies of shipping companies. "Business Navigator". No. 3(76). 116-123.
10. Tseller V.I. (2025). Economic optimization and strategic resilience of multimodal logistics networks in Ukraine: an economic analysis of the efficiency deficit in turbulence. «Economy and society». No. 80. 1-7. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-80-102
11. Kramskyi S.O. (2025). Theoretical basis of maritime transport markets management in modern conditions of uncertainty. "Grail of science". No.48. 158-165.
12. Yevdokimova O.M. (2021). Models of team composition for the staffing of an IT company on a fuzzy set platform. Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series "Economics", No. 8(1), 18-28. https://doi.org/10.52566/msu-econ.8(1).2021.18-28
13. Levin D.A. (2024). A comprehensive model for evaluating the development of freighting and adjunction fleet shipping companies: international and national aspects. Economic Innovations. Vol.26. №1(90). 104-113.

Section: Food Technologies

3D-ДРУК У ХАРЧОВІЙ ІНДУСТРІЇ: ВІД ПЕРСОНАЛІЗОВАНОГО ХАРЧУВАННЯ ДО ГАСТРОНОМІЧНОГО ДИЗАЙНУ

Сергєєва Олена
к.н.держ.упр., доцент
Лола Вікторія
к.н.держ.упр., доцент
Кафедра прикладної економіки, підприємництва та публічного управління
Національний ТУ «Дніпровська політехніка», Україна

Сучасний розвиток харчової індустрії характеризується активним упровадженням цифрових технологій, автоматизації та інноваційних способів виробництва. Одним із перспективних напрямів є використання технології тривимірного друку для створення харчових продуктів. На відміну від традиційних способів виробництва, 3D-друк дає можливість формувати продукт пошарово відповідно до попередньо заданої цифрової моделі, що відкриває нові можливості для управління його формою, структурою та складом.

Харчовий 3D-принтер працює за принципом пошарового нанесення харчової маси через спеціальне сопло. Як сировину можуть використовуватися шоколад, тісто, пюре, сирні та м'ясні маси, рослинні білкові суміші, фруктові та овочеві компоненти та інші продукти, які мають необхідні реологічні властивості. Важливим фактором є здатність сировини зберігати задану форму після нанесення, тому для 3D-друку необхідно враховувати її в'язкість, пластичність, температуру, вологоутримувальну здатність та інші технологічні характеристики.

Однією з найбільш перспективних сфер застосування 3D-друку є персоналізоване харчування. Цифрові технології дозволяють створювати продукти з урахуванням індивідуальних потреб людини, зокрема певного співвідношення білків, жирів, вуглеводів, харчових волокон, вітамінів та інших компонентів. У перспективі це може сприяти розробленню харчових продуктів із заданими характеристиками відповідно до віку, способу життя, фізіологічних потреб або специфічних вимог до раціону.

Особливе значення 3D-друк може мати для спеціального харчування. Технологія потенційно дає можливість змінювати не лише склад, а й текстуру продукту. Це особливо цікаво для людей, яким складно споживати продукти традиційної консистенції. Наприклад, пюреподібні харчові маси можуть набувати привабливої форми, що дозволяє поєднати функціональність спеціального харчування з кращим візуальним сприйняттям продукту.

Окремим напрямом є використання 3D-друку для створення оригінального дизайну харчових продуктів. Технологія дозволяє отримувати складні геометричні форми, декоративні елементи, написи та індивідуалізовані вироби, виготовлення яких традиційними способами може бути складним або потребувати значних витрат ручної праці. Особливо активно такі можливості можуть використовуватися у кондитерському виробництві, ресторанному бізнесі, кейтерингу та під час виготовлення продукції для спеціальних заходів.

З товарознавчої точки зору застосування 3D-друку створює передумови для формування принципово нового підходу до асортименту харчових продуктів. Асортимент може розширюватися не лише за рахунок використання нової сировини чи рецептури, а й завдяки можливості оперативно змінювати форму, розмір, структуру та дизайн виробу. У результаті один і той самий склад продукту може бути представлений у різних варіантах залежно від цільової аудиторії та конкретного споживчого запиту.

Водночас упровадження 3D-друку в харчову промисловість потребує вирішення низки питань, пов'язаних із безпечністю сировини, санітарно-гігієнічними вимогами до обладнання, стабільністю якості готового продукту, харчовою цінністю та технологічними параметрами виробництва. Не менш важливим є питання економічної доцільності використання такого обладнання та можливості його масштабування для промислового виробництва.

Перспективним напрямом подальшого розвитку технології є поєднання 3D-друку зі штучним інтелектом, цифровим моделюванням та технологіями персоналізованого харчування. Це може забезпечити автоматизований підбір рецептури та форми продукту відповідно до визначених параметрів. У такому випадку харчовий продукт стає результатом не лише традиційної рецептури, а й цифрового проєктування.

Отже, 3D-друк є одним із перспективних напрямів інноваційного розвитку харчової індустрії, який поєднує технологічні можливості цифрового виробництва з потребами сучасного споживача. Його застосування створює можливості для персоналізації харчування, виробництва продукції спеціального призначення, зміни текстури та формування оригінального дизайну харчових продуктів. Для товарознавства ця технологія становить особливий інтерес, оскільки сприяє формуванню нових підходів до асортименту, споживних властивостей і оцінювання якості продукції. Подальший розвиток 3D-друку може стати важливим чинником появи нових категорій харчових продуктів та інноваційних моделей їх виробництва.

Список використаних джерел

1. Sun J., Peng Z., Yan L., Fuh J. Y. H., Hong G. S. 3D food printing – An innovative way of mass customization in food fabrication. International Journal of Bioprinting. 2015. Vol. 1, No. 1. P. 27-38. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/281736602_3D_food_printing-An_innovative_way_of_mass_customization_in_food_fabrication

2. Severini C., Derossi A. Could the 3D printing technology be a useful strategy to obtain customized nutrition? Journal of Clinical Gastroenterology. 2016. Vol. 50, Suppl. 2. P. S175-S178. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/309144040_Could_the_3D_Printing_Technology_be_a_Useful_Strategy_to_Obtain_Customized_Nutrition
3. Dick A., Bhandari B., Prakash S. 3D printing of meat. Meat Science. 2019. Vol. 153. P. 35-44. Режим доступу: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30878821/

ФІТОКОМПОНЕНТИ ЯК ІННОВАЦІЙНА СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АРОМАТИЗОВАНОГО ПИВА

Ковальова Олена
к.т.н., доцент
Ганзій Микита
здобувач вищої освіти
Кафедра харчових технологій
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Україна

Сучасний розвиток пивоварної галузі характеризується активним пошуком і впровадженням нових технологічних рішень, спрямованих на розширення асортименту та формування високих споживчих властивостей пивної продукції. У цьому контексті розроблення інноваційних технологій виробництва продуктів бродіння є актуальним напрямом наукових досліджень, що передбачає підвищення якості та біологічної цінності продукції, а також створення нових видів напоїв із конкурентоспроможними споживчими характеристиками [1].

Одним із перспективних напрямів є виробництво крафтових і спеціальних сортів пива, серед яких особливе місце посідають ароматизовані напої. Зростання зацікавленості споживачів у натуральних продуктах та усвідомленому виборі харчових продуктів зумовлює пошук природних альтернатив синтетичним ароматизаторам і барвникам. Застосування фітокомпонентів рослинного походження у виробництві пива створює можливості для формування нових смакових та ароматичних характеристик готового напою, розширення його асортименту та підвищення харчової цінності. Крім органолептичного ефекту, рослинні компоненти можуть бути джерелом біологічно активних речовин, що робить їх перспективними інгредієнтами під час розроблення сучасних видів спеціального пива.

Фітокомпоненти, до яких належать пряно-ароматичні рослини, лікарські трави, ягоди та коренеплоди, характеризуються значним вмістом природних біологічно активних речовин, зокрема антиоксидантів, вітамінів, ефірних олій і фенольних сполук [2, 3]. Використання таких інгредієнтів у технології пивоваріння є перспективним способом модифікації властивостей готового продукту, оскільки дає змогу урізноманітнити його смако-ароматичні

характеристики та сформувати оригінальний органолептичний профіль. Залежно від хімічного складу й концентрації внесених рослинних компонентів вони можуть впливати на окиснювальні процеси, колоїдну стабільність і біологічні властивості напою. Окрему увагу привертають антимікробні властивості деяких рослинних екстрактів, які потенційно можуть стримувати розвиток небажаної мікрофлори та сприяти збереженню якості пива протягом зберігання [2-4]. Інноваційні рішення в пивоварінні

Метою роботи було обґрунтування перспективності використання фітокомпонентів у технології ароматизованого пива, розроблення відповідних технологічних рішень та визначення їх впливу на показники якості готового напою. Об'єктом дослідження були зразки світлого пива, отримані з використанням різних видів рослинної сировини, зокрема екстрактів м'яти перцевої, меліси, чебрецю та імбиру. Фітокомпоненти вносили на різних етапах технологічного процесу – наприкінці кип'ятіння пивного сусла, під час головного бродіння та на стадії доброджування. Якість отриманих зразків оцінювали за комплексом органолептичних і фізико-хімічних показників. Органолептичне оцінювання передбачало визначення смаку, аромату, кольору та піностійкості пива. Серед фізико-хімічних характеристик досліджували вміст екстрактивних речовин, кислотність та концентрацію поліфенольних сполук. Отримані результати порівнювали з показниками контрольного зразка пива, виготовленого без додавання рослинних компонентів.

Результати досліджень показали, що використання фітокомпонентів впливає на формування смако-ароматичного профілю пива та дає змогу отримувати напої з відмінними органолептичними характеристиками порівняно з традиційним зразком. Характер і вираженість цих змін залежали від виду використаної рослинної сировини та етапу її внесення до технологічного процесу. Застосування натуральних фітокомпонентів можна розглядати як перспективний напрям розширення асортименту спеціального та ароматизованого пива.

За результатами проведених досліджень встановлено, що найбільш доцільним етапом внесення рослинних екстрактів є стадія доброджування пива. Такий спосіб дає змогу краще зберегти леткі ароматичні речовини рослинної сировини та забезпечити більш виражений, але збалансований смако-ароматичний профіль готового напою. Водночас внесення екстрактів на цій стадії сприяє зниженню ймовірності надмірного переходу гірких і терпких речовин до пива. Серед досліджених зразків пиво з екстрактами м'яти перцевої та імбиру характеризувалося найбільш гармонійним поєднанням смакових і ароматичних характеристик, зокрема вираженим освіжаючим смаком та приємними пряними нотами. Застосування фітокомпонентів також супроводжувалося змінами показників антиоксидантного потенціалу напою, що може бути пов'язано зі збільшенням концентрації поліфенольних сполук порівняно з контрольним зразком. Отримані результати підтверджують перспективність використання рослинних екстрактів для формування

оригінальних органолептичних властивостей та підвищення функціональної спрямованості ароматизованого пива.

Проведені дослідження підтвердили перспективність використання фітокомпонентів рослинного походження у технології ароматизованого пива. Внесення рослинних екстрактів сприяє формуванню оригінального смако-ароматичного профілю напою та може забезпечувати підвищення вмісту біологічно активних сполук, зокрема поліфенолів. Отримані зразки характеризувалися прийнятними фізико-хімічними показниками та позитивними органолептичними властивостями, що свідчить про доцільність використання натуральної рослинної сировини для розширення асортименту спеціальних сортів пива. Застосування фітокомпонентів може розглядатися як один із напрямів заміни або скорочення використання синтетичних ароматичних добавок у виробництві спеціального пива. Використання доступної рослинної сировини вітчизняного походження створює передумови для розроблення нових видів продукції з оригінальними споживчими властивостями та потенційною економічною доцільністю.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на оптимізацію способів екстрагування цільових ароматичних і біологічно активних речовин, визначення оптимальних концентрацій фітокомпонентів та уточнення часу їх внесення до технологічного процесу. Перспективним також є дослідження комбінованого використання різних видів пряно-ароматичної та плодово-ягідної сировини з метою формування збалансованого смако-ароматичного профілю. Окремого вивчення потребує вплив рослинних екстрактів на зміни органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників пива під час зберігання.

Список використаних джерел

1. Півоваров, О. А., Ковальова, О. С., & Кошулько, В. С. (2025). Інноваційні технології та обладнання бродильних виробництв. https://surl.li/utnadu
2. Kłosowski, G., Mikulski, D., & Graj, K. (2021). The use of selected herbs and spices in beer production. Journal of the Institute of Brewing, 127(1), 8-15. https://doi.org/10.1002/jib.634
3. Yin, H., Deng, Y., & Dong, J. (2017). The functional ingredients in beer and their health benefits. Food & Function, 8(8), 2631-2641. https://doi.org/10.1039/C7FO00675B
4. Gasiński, A., Kawa-Rygielska, J., & Szumny, A. (2020). Volatile compounds and sensory profiles of beers brewed with various herbal additions. Molecules, 25(18), 4301. https://doi.org/10.3390/molecules25184301
5. Pires, E. J., & Brányik, T. (2015). Biochemistry of beer fermentation. SpringerBriefs in Biochemistry and Molecular Biology. https://doi.org/10.1007/978-3-319-15189-2

Section: Information Technology, Cyber Security and Computer Engineering

НЕЙРОМЕРЕЖЕВІ МЕТОДИ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ В ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Урлапова Марія
бакалавр
Іванов Юрій
канд. техн. наук, доцент
Борисюк Дмитро
канд. техн. наук, доцент
Кривогубченко Сергій
канд. техн. наук, доцент
Вінницький національний технічний університет, Україна

Стрімка цифровізація та зростання кількості кібератак роблять системи виявлення вторгнень (СВВ) обов'язковим елементом захисту інформаційних систем. Класичні сигнатурні СВВ ефективно розпізнають відомі загрози, але не здатні виявляти нові атаки та їхні модифікації, а ручне оновлення баз сигнатур не встигає за розвитком шкідливого програмного забезпечення. Нейронні мережі дають змогу автоматично вилучати ознаки з мережевого трафіку та журналів подій і виявляти складні нелінійні закономірності, тому їх активно досліджують як основу СВВ нового покоління [1, 2].

Метою роботи є огляд основних нейромережевих методів виявлення вторгнень, наборів даних для їх оцінювання та ключових викликів, що стримують практичне впровадження таких систем.

За місцем розгортання СВВ поділяють на мережеві (NIDS), які аналізують трафік, і хостові (HIDS), які аналізують події на окремому вузлі; за принципом виявлення – на сигнатурні, аномальні та гібридні [2]. Нейромережеві підходи найчастіше реалізують аномальне або гібридне виявлення та застосовують для бінарної або багатокласової класифікації трафіку. Узагальнену схему такої системи подано на рис. 1.

Багатошаровий перцептрон (MLP) є базовою моделлю для табличних ознак мережевих потоків: він простий у реалізації та швидкий, проте не враховує просторових і часових залежностей. Згорткові мережі (CNN) розглядають вектор ознак або послідовність байтів пакета як одно- або двовимірний сигнал і вилучають локальні шаблони, що зменшує потребу в ручному доборі ознак. Рекурентні мережі, зокрема LSTM і GRU, моделюють послідовності подій і сесій, що важливо для виявлення багатоетапних атак; придатність RNN для виявлення вторгнень показано, зокрема, на наборі NSL-KDD. Автоенкодери навчаються лише на нормальному трафіку, а аномалією вважають об'єкт із

великою помилкою реконструкції; такий підхід не потребує розмічених атак і придатний для виявлення невідомих загроз [3]. Гібридні архітектури, наприклад поєднання CNN і LSTM, комбінують переваги окремих моделей.



Рисунок 1. Узагальнена схема нейромережевої системи виявлення вторгнень

Суміжні інтелектуальні підходи, зокрема аналіз поведінки користувачів у вебсередовищах, автоматизоване розпізнавання об'єктів, інтелектуальне представлення інформації та навчання з підкріпленням, також можуть бути використані для підвищення адаптивності й ефективності систем кібербезпеки. Застосування таких методів розширює можливості автоматизованого виявлення відхилень, класифікації та прийняття рішень у динамічних інформаційних середовищах [4–6].

Для оцінювання моделей використовують відкриті набори даних. KDD Cup 99 та його очищена версія NSL-KDD [7] залишаються поширеними, але не відображають сучасного трафіку. Набір UNSW-NB15 містить сучасніші типи атак, а CICIDS2017 – реалістичний трафік із широким спектром атак. Через сильну незбалансованість класів показник точності є недостатнім, тому застосовують також повноту, влучність, F1-міру та частку хибних спрацювань.

Попри високі показники в лабораторних експериментах, впровадження нейромережевих СВВ стикається з низкою проблем [1, 2]:

1. Якість і незбалансованість даних. Атаки становлять малу частку трафіку, а частина наборів даних застаріла, тому моделі, навчені на них, погано узагальнюються на реальні мережі.

2. Дрейф концепцій. Трафік і тактики зловмисників змінюються, тому потрібні періодичне перенавчання або онлайн-адаптація моделей.

3. Хибні спрацювання. У великих мережах навіть невелика частка помилкових тривог перевантажує аналітиків центру моніторингу безпеки (SOC);

Sommer і Paxson наголошують, що висока ціна помилок і складність оцінювання роблять виявлення аномалій складнішим за типові задачі машинного навчання.

4. Змагальні атаки. Невеликі цілеспрямовані зміни вхідних даних можуть спричинити помилкову класифікацію, тому зловмисник здатен підлаштувати трафік, щоб уникнути виявлення. Пом'якшувати загрозу допомагають змагальне навчання та контроль коректності вхідних даних.

5. Інтерпретованість. Аналітику потрібне обґрунтування тривоги; частково цю проблему розв'язують методи пояснювального штучного інтелекту (наприклад, SHAP і LIME), проте їх застосування збільшує обчислювальні витрати.

6. Ресурси, шифрування та приватність. Аналіз трафіку на високих швидкостях вимагає малої затримки; шифрування обмежує можливості аналізу вмісту пакетів; обмін даними між організаціями ускладнений вимогами конфіденційності, тому досліджують, зокрема, федеративне навчання.

Нейромережеві СВВ є перспективним напрямом, оскільки автоматично вилучають ознаки та здатні виявляти невідомі атаки. Найбільш вивченими є MLP, CNN, LSTM, автоенкодери та гібридні моделі, вибір яких залежить від типу даних і завдання. Основними перешкодами практичного застосування залишаються незбалансовані й застарілі дані, дрейф концепцій, хибні спрацювання, вразливість до змагальних атак та низька інтерпретованість. Перспективними напрямами є змагальне навчання, пояснювальний штучний інтелект, федеративне навчання, самонавчання та перевірка моделей на актуальних реальних даних.

Список використаних джерел

1. Urlapova D.P., Ivanov Yu.Yu., Yukhimchuk M.S. Intelligent Analysis of User Behavior to Ensure Web Environments' Cybersecurity. Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference «Scientific Research: Emerging Theories and Practical Breakthroughs». Edinburgh, 2025. pp. 376–379.
2. Lansky J., Ali S., Mohammadi M. et al. Deep Learning-Based Intrusion Detection Systems: A Systematic Review. IEEE Access. 2021. Vol. 9. pp. 101574–101599.
3. Ferrag M.A., Maglaras L., Moschoyiannis S., Janicke H. Deep Learning for Cyber Security Intrusion Detection: Approaches, Datasets, and Comparative Study. Journal of Information Security and Applications. 2020. Vol. 50. Article 102419. 11 p.
4. Bisikalo O., Ivanov Y., Karevina N. Encoding of Natural Language Information on the Basis of the Power Set. IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies. 2018. Vol. 2. pp. 17–20.
5. Здітовецький Ю.С., Бісікало О.В., Іванов Ю.Ю. Інтелектуальна інформаційна система розпізнавання та аналізу складу продуктів харчування. Вісник політехнічного інституту. 2023. № 2. С. 66–71. https://doi.org/10.31649/1997-9266-2023-167-2-66-71.

6. Іванов Ю.Ю., Півошенко В.В., Кулик М.С., Васюра А.С. Аналіз та експериментальне дослідження методу безмодельного навчання з підкріпленням. Вісник політехнічного інституту. 2019. № 3. С. 40–49.
7. Tavallaee M., Bagheri E., Lu W., Ghorbani A.A. A Detailed Analysis of the KDD CUP 99 Data Set. IEEE Symposium on Computational Intelligence for Security and Defense Applications (CISDA). 2009. pp. 1–6.

MÜASİR ÜMUMİ TƏHSİLİN HƏYATA KEÇİRİLMƏSİNİN TƏŞKİL VƏ İDARƏ OLUNMASI YOLUNUN NƏZƏRİ VƏTEXNOLOJİ ASPEKTLƏRİ

Firədun Nadir oğlu İbrahimov
ADPU-nun Şəki flialının professoru,
https: //orcid org/0000-0002-0775-1048;
Nuranə Bəhram qızı Cəbrayılova
ADPU-nun Şəki flialının baş müəllimi
https: //orcid org/ 0000-0002-3490-6201

Xülasə.

Məqalədə XXI əsrin çağrışlarının təhsilin həyata keçirilməsinin təcrübə sınağında özünü təsdiqləmiş mühüm yolu kimi interpretasiya edilən təlimin təhsilalan mərkəzli olmasını şərtləndirdiyi vurğulanır, təhsilalanların subyektinə çevrilməli bacarıqlar və kompetensiyalar (problem həlletmə, qərarvermə və s.), təfəkkürün növləri, bilik və fəaliyyət, onların növləri, tapşırıqların hazırlanmasında bilik və fəaliyyət növlərinin tətbiqi, metakoqnitiv bacarıqların formalaşdırılması nəzər-nöqtəsi qismində fərqləndirilir. Tədqiqat işində təhsilalan mərkəzli təlimdə iş formaları, təlimin strategiya, texnika və üsulları, təhsilalanların öyrənmə tərzləri, sözügedən təlimin forma və modelləri səciyyələndirilir, təlimin təhsilalan mərkəzli olmasında əhəmiyyətli rola malik pedaqoji və psixoloji yanaşmalara (pedaqoji və psixoloji nəzəriyyələrə, sinifdə sağlam psixo-sosial mühitin yaradılmasına) diqqət yönəldilir və münasibət bildirilir.

Açar sözlər: nəzəriyyə, təhsilalan mərkəzli təlim, təlim strategiyaları, üsullar, iş formaları, təlim modelləri, psixo-sosial mühit, öyrətmə və öyrənmə mühiti

Abstract.

The article highlights that the challenges of the 21st century require the adoption of learner-centered instruction as an effective approach to educational practice. It identifies essential learner competencies, such as problem-solving and decision-making, as well as types of thinking, categories of knowledge and activity, and their application in task design, along with the development of metacognitive skills. The study further characterizes forms of work, instructional strategies, techniques, and methods in learner-centered teaching, in addition to learners' learning styles and the

models and formats of this approach. Furthermore, it examines pedagogical and psychological approaches, including relevant theories and the creation of a healthy psycho-social classroom environment, which play a significant role in ensuring the effectiveness of learner-centered instruction, and provides a critical perspective on these issues.

Keywords: theory, learner-centered instruction, teaching strategies, methods, forms of work, instructional models, psycho-social environment, teaching and learning environment

Mövzunun aktuallığı: XXI əsrin (yaşadığımız çağdaş zamanın) xüsusiyyətləri tələb edir ki, insan yaradıcı fəaliyyət üçün zəruri keyfiyyətləri (sürətlə dəyişən, inkişaf edən dünyada yaşamaq və irəliləmək üçün qərar qəbuletmə, problem həlletmə, müstəqil öyrənmə, əməkdaşlıq, komandada çalışmaq, müxtəlif yanaşmaları dəyərləndirmək, yeni fikirlər irəli sürmək, təşəbbüs göstərmək və s. bacarıqları) inkişaf etdirməlidir. Bundan ötrü: 1) yaradıcı fəaliyyəti üçün zəruri keyfiyyətlərin inkişafını hədəfləyən proses mövcud olmalıdır; 2)sözügedən keyfiyyətləri əxz etmək üçün insan həmin prosesin təşkili və idarə olunmasının subyekti funksiyasının "imkan daşıyıcısına"(subyektinə) çevrilməlidir.

Söylənilənlərə rəğmən, belə bir qənaətə gəlirik ki, müasir zaman kəsiyində bazis kimi mövcud olan "Texno – demokratik - informasiya cəmiyyəti"nə uyğun "Təhsil 4.0"-a (üstquruma) adekvat təlimin mövcudluğu və təhsilalanın bu prosesin təkilinin və idarə edilməsinin subyekti olması zərurətdir. Texnoloji savadlılığın, informasiya mədəniyyətinin, intellektual bacarıqların əldə olunmasının optimal yollarının müəyyənləşdirilməsi, adekvat yolları özündə ehtiva edən təhsilin həyata keçirilməsi mühitinin tənzimlənməsi zəruridir. Belə bir zərurətin mövcudluğuna baxmayaraq, bu istiqamətdə yetərli tədqiqat aparılmamış, pedaqoji mahiyyətli idrak məsələlərinin həllinin metodik sistemləri kifayət qədər elmi əsaslarla işlənilməmişdir. Qeyd olunan arqumentlərə dayanaraq "Müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsinin təşkil və idarə olunması yolunun nəzəri və texnoloji aspektləri" mövzusunun tədqiqatının aktuallığını iddia edirik.

Tədqiqatın məqsədi müasir cəmiyyətin çağrışlarına uyğun ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesində təhsilalanların bacarıqlarının inkişafına, başqa sözlə, onların texnoloji savadlılığının və informasiya mədəniyyətinin, intellektual bacarıqlarının inkişafına təsir göstərən mühitin tənzimlənməsi istiqamətləri barədə ideya (nəzərə alınır ki, ideya vacib dəyərdir) müəyyənləşdirməkdir. Ümid edirik ki, bu ideya elmi idrak forması olaraq hipotezalar doğuracaq, bunlar isə öz növbəsində inkişaf edərək "Təhsilalan mərkəzli təlimin təşkilinin və idarə olunmasının əsasları" kimi nəzəriyyəyə çevriləcək, "Didaktika"ya töhfə verilmiş olacaqdır.

Tədqiqatın metodoloji əsası. Tədqiqatın aparılması prosesində L.Bertalanfinin "Sistem təhlili ideyası"[2;8] əsasında (mənası obyektin xassələrini onun hissələrinin xassələrinə əsasən öyrənmək cəhdi kimi izah olunan ideya-kursiv bizimkidir) dialektikanın mühüm qolu kimi formalaşaraq onun alternativi səviyyəsinə yüksəlmiş "Sitem-struktur yanaşma"dan, elmi idrakın empirik, empirik-nəzəri və nəzəri

metodlarından, elmi idrakın formalarının daxili əlaqələrindən, müxtəlif pedaqoji və psixoloji araşdırma ümumiləşdirmələrindən metodoloji əsas kimi istifadə olunmuşdur.

Tədqiqat materialları üzrə ümumiləşmələrin interpretasiyası. IV Sənaye İnqilabı sosial-iqtisadi sahələrdə olduğu kimi, təhsil sisteminə də öz təsirini göstərməkdədir. Sənaye inqilabları əsasında formalaşan bazisə uyğun dərk və dəyişdirmə təcrübəsinin paylaşılması prosesi olan Təhsil(üstqurum) mərhələlər (sənaye inqilablarının məxsusi xüsusiyyətlərini özündə ehtiva etməklə) üzrə inkişaf etmişdir. IV sənaye inqilabı dövründə yaradıcı, innovativ və qlobal miqyasda rəqabət apara biləcək nəsil formalaşdıra bilən Təhsil sistemi tələb olunur və hazırda sözügedən inqilabının təhsil prosesinə təsiri və "gələcəyin təhsili" məsələsi müxtəlif platformalarda müzakirə olunur və müvafiq zəruri addımlar atılır[11], [12; 92- 97]. Təhsil sistemində gözlənilən paradiqmal dəyişikliklər və qlobal təhsil islahatının aparılması IV Sənaye İnqilabının təsiri ilə daha da sürətlənmişdir[21; 147-171].

IV Sənaye İnqilabı həyatımızın müxtəlif sahələri üçün fərqli təsirlərə malikdir. Bu nöqteyi-nəzərdən təhsil üçün həm imkanlar, həm də problemlər mövcuddur. İoT, 3D çap, Kvant hesablamaları, Süni intellekt və s. kimi fərqli texnologiyaların istifadəsi informasiyanın daha effektiv şəkildə ötürülməsinə və yeni "təhsil çərçivəsinin" inkişafına imkan verir [14; 78-94].

IV Sənaye inqilabının çağrışları ilə bağlı təhsil sistemində və onun həyata keçirilmə sistemində aparılan islahatların əsas hesab edilən iki səbəbini xüsusi fərqləndirmək lazımdır. Birincisi, sürətlə dəyişən qlobal iqtisadiyyatın tələbatlarına uyğun bilik (informasiyaya) və bacarıqlara sahib olan işçi qüvvəsinin yetişdirilməsi, ikincisi, sənaye inqilabı dövründə ona adekvat informasiya cəmiyyətinin inkişafı üçün lazım olan məhsuldar qüvvələri (işçi qüvvəsini) ərsiyə gətirə biləcək təhsil və onun həyata keçirilmə sisteminin qurulmasıdır. [9; 288]

Etiraz olunmur ki, təhsil təhsilalanların yaşadığı mühitlə uyğunlaşmalı, onlara etibarlı və uğurlu gələcək təmin etməlidir. "Texno – demokratik - informasiya cəmiyyəti"ndə yaşayan hər kəsin intellektual, yaradıcı fəaliyyət göstərməsi üstün tələbata çevrilir və bunun üçün bu cəmiyyətin hər bir üzvünün intellektual bacarıqların subyekti səviyyəsinə yüksəlməsi arzuolunandır, onlar informasiya mədəniyyətinə və texnoloji savadlılığa malik olmalıdırlar.

İnformasiya mədəniyyəti (information culture): insanın informasiya cəmiyyətinə uyğunlaşması üçün zəruri olan bilik, intellektual bacarıq və vərdişlərdir; cəmiyyətin informasiya resurslarından və informasiya kommunikasiya vasitələrindən istifadə etmək bacarığıdır; cəmiyyətdə informasiyalaşma və informasiya texnologiyaları vasitələrinin inkişafı sahəsində qabaqcıl nailiyyətlərin tətbiqidir; müasir texniki vasitə və metodlardan, kompyuter texnologiyalarından istifadə etməklə informasiyanın əldə edilməsi və ötürülməsi bacarığıdır.

Texnoloji savadlılıq–insanların müxtəlif rəqəmsal texnologiyalardan istifadə etmə bacarığı, məlumatları təhlil etmə və təhlükəsiz şəkildə rəqəmsal mühitdə fəaliyyət göstərmə qabiliyyətidir. "Bu bacarıq sadəcə kompyuter və internetdən istifadə etməklə məhdudlaşmır, həmçinin: 1)Rəqəmsal təhlükəsizlik və kibertəhlükəsizlik qaydalarına riayət etməyi; 2)Süni intellekt və avtomatlaşdırma ilə işləməyi; 3)Rəqəmsal analitika

və data emalı bacarıqlarını; 4)Bulud texnologiyalarından istifadə etməyi; 5)Yeni texnologiyalara tez uyğunlaşmağı əhatə edir"[5].

Texnoloji savadlılıq informasiya və kommunikasiya texnologiyalarından istifadə etmək bacarığını ehtiva edir. Rəqəmsal bacarıqların inkişafı onların gələcəkdə rəqəmsal texnologiyalarla təhlükəsiz və effektiv şəkildə əlaqələndirilməsini təmin etmək üçün vacibdir. Təhsil sistemlərinin, hərtərəfli və vahid yanaşma etməsi, bütün təhsilalanların rəqəmsal texnologiyaların aktiv və etik istifadəçisi olmaq bacarıqlarını inkişaf etdirməsinə dəstəyi lazımdır [17; 57-79].

Rəqəmsal təhsil, insanlara sosial həyatda müstəqil şəkildə iştirak etməyə imkan verir. Bundan əlavə, rəqəmsal təhsil və rəqəmsal inqilab gerçəyi mənəvi əxzetmə forma və metodlarında əsaslı dəyişiklikləri tələb edir, rəqəmsal bacarıqların ən vacib qabiliyyətə çevrilməsinə gətirib çıxarır [16; 58-64]. Şübhə yoxdur ki, təhsilalanların rəqəmsal bacarıqlarının inkişafı onların gələcəkdə rəqəmsal vətəndaşlar (digital citizenship) kimi cəmiyyətdə daha fəal iştirakına səbəb olacaq. [15], [17; 57-79]

Texnologiyanın sürətli inkişafı ilə əlaqədar olaraq, təhsilalanların təhsil müddətində öyrəndikləri bilik və bacarıqlar onlar təhsili başa vurana qədər köhnəlir. Elmi və texniki təhsildə günümüzün ən sürətlə inkişaf etməkdə olan texnologiyaların istifadəsinin inkişafına və formalaşmasına kömək etmək üçün təhsilalanları öyrətmək və onları rəqəmsal mühitə hazırlamaq lazımdır. Sürətlə dəyişən mühitə adaptasiya olmaq məzun olduqdan sonra belə, təhsilalanın təhsil müəssisələri ilə əlaqə qurmasını vacib edəcək və həm işçilərə yenilənmiş bacarıqları, həm gənc təhsilalanlara (və müəllim heyətinə) sənaye və koorporativ sektorda sürətlə dəyişən həqiqətlərlə əlaqəli yeni bir istiqamət təqdim edəcək.[18; 25-30], [19; 579-592]

Müasir zaman kəsiyində bazis kimi mövcud olan "Texno – demokratik - informasiya cəmiyyəti"nə uyğun Təhsil 4.0 bu vəzifələrin öhdəsindən gəlmək üçün bənzərsiz texnologiya və vasitələrdən istifadə edir və təhsilalanların cəmiyyətdəki dəyişikliklərə uyğun olaraq özünü inkişaf etdirməsinə kömək edir. Buna görə də, Təhsil 4.0 təhsilalanların öyrənməsi üçün yüksək nəticələr verə bilən daha real və praktik öyrənmə yanaşmasıdır. Sürətlə dəyişən dünya ilə uyğunlaşmaq vacibdir və Təhsil 4.0 bunu təmin etmək üçün təhsil müəssisələrinin istifadə etdiyi bir sistemdir. Bu yeni sistem "ağıllı" (smart) məktəb idarəetmə sistemlərindən, öyrənmə idarəetmə proqramlarından, kommunikasiya vasitələrindən və təlim-tədris vasitələrindən istifadə edir [13; 238-254], [16; 3558-3564].

Təhsil 4.0 yanaşmasında, konstruktivist təhsil sistemləri və Blum taksonomiyasından kənara çıxmaqla, xüsusilə aşağıda qeyd olunan sahələrə əsaslanan bir tədris prosesinin tətbiq ediləcəyi müəyyən olunmuşdur: 1)Anlamanı tənzimləyən 3R (Recalling-Yada salma, Relating-Əlaqələndirmə, Refining-Yeniləmə); 2)Araşdırmağa təşviq edən 3İ (İnquiring-Sorğulama, İnteracting-Qarşılıqlı əlaqə, İnterpreting-İzahetmə); 3)Nəticə çıxarmağa əsaslanan 3P (Participating-iştirak etmə, Processing-tətbiqetmə, Precsenting- təqdimetmə)[22; 92-98], [23; 40-45].

Təhsil 4.0 təhsildə olan maraqlı tərəflərin xeyrinə "ağıllı" və rəqamsal bir inqilabdır. Təhsil 4.0 tədris üçün ən yaxşı metodlar (üsullar) təqdim edir və bu metodları modernləşdirərkən bir çox prosesi avtomatlaşdıraraq inzibati yükü azaldır.

Bundan əlavə, təhsilverənlərin bacarıqlarını artırmağı və təhsilalanların öyrənmə nəticələrini yaxşılaşdırmağı hədəfləyir [16; 3558-3564].

Təhsil 4.0-ın bütün təhsil müəssisələri üçün ən vacib məqsədi təhsilalanları həvəsləndirmək və onların nəticələrini yaxşılaşdırmaqdır.Texnologiyadan istifadə edərək təhsilalanlar sistemdəki digər maraqlı tərəflər olan təhsilverənlər, rəhbərlik və b. ilə daha yaxşı ünsiyyət qura bilirlər Təhsialanların təlim nəticələri Təhsil 4.0-ın tətbiq səviyyəsi ilə birbaşa mütənasibdir.[21;147-171]

Təhsil 4.0 aşağıdakı xüsusiyyətlərə malikdir: 1) zaman və məkandan asılı olmadan öyrənmə (həyat boyu öyrənmə, e-təhsil və s.); 2)təhsilalanların bacarıq və qabiliyyətlərinə uyğun fərdiləşdirilmiş təhsil almaq imkanı; 3)tədris planının hazırlanması zamanı təhsilalanların təkliflərinin nəzərə alınması; 4)layihə əsaslı təlimin (Project based learning) üstünlük təşkil etməsi; 5)real dünya problemlərini həll etmə bacarıqlarının formalaşdırılması; 6)təhsilalanların böyük ölçülü verilənlər (Big data) üzərində analizləri aparmaq qabiliyyətinin formalaşdırılması; 7)təhsilalanların biliklərinin layihələrə tətbiq prosesində qiymətləndirilməsi; 8)inkişaf etməkdə olan yeni texnologiyaların təhsil sisteminin bir hissəsinə çevrilməsi və s. [11-12]

Danılmazdır ki, hər bir sənaye inqilabının çağırışlarında məxsusilik mövcuddur. Bu, dünyada gedən qlobal dəyişikliklərin fonunda təzahür edir, eyni zamanda informasiya mədəniyyətində də, texnoloji savadlılığın məzmununda da yeni çalarların mövcudluğunu şərtləndirmiş olur. Dünya tarixinin müxtəlif mərhələlərində insanlıq ciddi dəyişikliklərlə üz-üzə qalmış və aparılan islahatlarla nəticələr əldə etmişdir. Təhsilalanların IV sənaye inqilabının təsiri ilə yaranan yeni sahələrdə bacarıq və qabiliyyətlərini nümayiş etdirə bilmələri üçün texnologiya və tədris olunan fənn proqramlarında əsaslı dəyişikliklərin həyata keçirilməsi zəruri hala gəlir. Yeni tədris proqramlarında "baza elmlər" hesab edilən kimya, biologiya, fizika və s. əsasında formalaşan fənlərin tədris plan-layihələri yenidən nəzərdən keçirilməklə, IV sənaye inqilabı savadlılığının formalaşmasında əsas rol oynayan kompyuter elmləri üzrə fənlərin tədrisinə daha çox yer verilməsi diqqət mərkəzinə çəkilməli olur. Təbii olaraq sözügedən fənlərin tədrisinə daha çox yer verilməlidir. [20; 432-466]

Sənaye inqilablarının fonunda təhsil proqramları tərtibçiləri aşağıda özünə yer alan fundamental suallara cavab axtarmalı olmuşlar:1) Hansı bilik, bacarıq və dəyərlər təhsil proqramlarında öz əksini tapmalıdır?; 2)Bu bilik, bacarıq, dəyərlər və kompetensiyalar təhsilalanlarda zəruri həyati bacarıqları formalaşdıracaqmı?; 3)Təhsilin həyata keçirilmə prosesini təhsilalanlar üçün necə uyğun və maraqlı etmək olar?; 4)Qiymətləndirməni (təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin ayrılmaz hissəsini) daha məhsuldar və effektiv necə etmək olar?

Çağdaş zamanımızda təhsil proqramının keyfiyyətli olmasının göstəricisi olaraq onun aktuallığı, praktik olması, effektivliyi və davamlılığı kimi parametrlər diqqət mərkəzinə çəkilir, uğurlu olmasının göstəricisi isə təhsilalanlarda mənimsəmənin keyfiyyəti və təhsilalanların mənimsədiklərini nə dərəcədə effektiv şəkildə öz şəxsi, sosial, idraki, psixoloji və emosional inkişafları üçün istifadə edə bilmələridir.

UNESCO-nun keyfiyyətli təhsil proqramı üçün aşağıdakı meyarlar vardır: təhsil proqramının aydın məqsədlərinin olması; bu günün tələblərinə cavab verməsi;

təhsilalanların bugünkü və gələcək həyatları, təcrübələri, arzu və istəklərinə uyğunluğu; yaşadıqları ölkənin tarixini və mədəniyyətini nəzərə almaqla sosial və iqtisadi baxımdan təhsilalanlar üçün firavan gələcək qura bilmək məqsədinin olması; ədalətli və inklüziv olması (təhsilalanların fərdiliklərinin, fərdi ehtiyaclarının nəzərə alınması və s.); təhsilalan yönümlü olması (təhsilalanın ehtiyaclarının nəzərə alınması, təhsilalanın yaşına müvafiq olması, şəxsi inkişafa və həyat bacarıqlarının formalaşmasına kömək etməsi və təhsilalanların həddindən artıq yüklənməməsi); açıq və çevik olması (baş verən yeniliklərin məzmuna inteqrasiya etməsi); ardıcıl və əlaqəli olması. [3; 5]

Yeri gəlmişkən vurğulayaq ki, cəmiyyətdə baş verən dəyişikliklər yalnız sənayedə və texnologiyada baş verən dəyişikliklərlə mümkün olmur. Buna parallel olaraq, cəmiyyətin əsas dinamikasını istiqamətləndirəcək üstqurumlarda - təhsil, səhiyyə, mədəniyyət və s. kimi sahələrdə dəyişiklik və inkişafın sistematik şəkildə həyata keçirilməsi əsas ehtiyaclardandır. IV sənaye inqilabının özü ilə bərabər gətirdiyi problemlərin qarşısını almaq, qlobal miqyasda rəqabət apara biləcək insan resursunun hazırlanması təhsil sisteminin qarşısında duran vəzifələrdəndir. Bu inqilab tədris proqramının quruluşu, təhsilverənlərin bacarıqlarının inkişafı, yeni texnologiyaların tədris proqramına daxil edilməsi, təhsilin həyata keçirilməsi proseslərinə yanaşmalar kimi təhsillə bağlı bütün komponentlərə davamlı şəkildə təsir göstərməkdədir. Dördüncü sənaye inqilabi dövründə təhsil cəmiyyəti inkişaf etdirə biləcək potensial imkanlara malik olmalıdır.

Təhsilalan mərkəzli təlimdə təhsilverən və təhsilalan arasında birgə yaradıcı fəaliyyət "S – S" xarakterinə malik olur, əsasında "imkan → hərəkət → yeni keyfiyyət" paradiqması dayanır, təhsilverən fasilitator(təhriketmə) funksiyasını yerinə yetirir, bu proses "təlimi problem" üzrə təhsilalanın tədqiqatı kimi cərəyan edir. Təhsilalanın təlim sisteminə əsas komponent kimi daxil olması təhsilverənin əsaslı arqumentlərə istinad etməklə formalaşdırdığı məqsədin təhsilalanın məqsədinə çevrilməsi ilə başlayır.

Sözügedən təlim prosesində təhsilalan tərəfindən mənimsənilməli material onun idrak tələbatının təminolunma obyekti kimi dərk olunduqda tədris fəaliyyətini məqsədəuyğun istiqamətdə yönləndirir (təşkil və idarə edir). Bu proses tədqiqat xarakterli olmaqla strukturunda aşağıda qeyd edilən tərkib hissələrini saxlayır: tədris situasiyası (və ya tapşırıqlar); 2) tədris əməliyyatları; 3)nəzarət; 4)qiymət [1;150].

Təqdim olunan strukturdan göründüyü kimi, təhsilalanın tədris fəaliyyəti

tədris tapşırıqlarının həllindən başlayır.

Yeri gəlmişkən, tədris tapşırıqları deyəndə, nəyin nəzərdə tutulmasına münasibət bildirək. Onun mahiyyəti "tapşırıq" anlamında əks olunsa da, xarakteri "tədris" anlamı ilə bağlıdır. Tədris tapşırıqları hər hansı bir elmi, hərbi, idman və s. tapşırıqlardan bir önəmli xüsusiyyəti ilə seçilir. Tədris tapşırıqları təhsilalanların özlərinin tədris fəaliyyətində müxtəlif problemlərin və konkret paktik məşğələlərin ümumi həlli üsullarını (prinsipləri, qanunauyğunluqlarını) kəşf etməsini və mənimsəmələrini nəzərdə tutur.

Tədris tapşırıqları irəli sürməklə fasilitator funksiyasını reallaşdıran təhsilverən təhsilalanları özünəməxsus tədris situasiyasına daxil edir: bu situasiyada onlar bütün xüsusi və konkret variantları nəzərə almaqla tədris tapşırıqlarının ümumi həll üsullarının məzmunu ilə tanış olurlar, müvafiq bilik, bacarıq və vərdişlərə yiyələnirlər. Şagirdlərdə intellektual bacarıqların (müasir dövrün tələbləri ilə şərtlənən) formalaşdırılması məqsədilə xüsusi tapşırıqlar sistemi tətbiq olunur. Bu tapşırıqlar müxtəlif intellektual bacarıqların strukturunun modelləşdirilməsi prinsipi əsasında tərtib olunur. Şagirdlər onları yerinə yetirdikcə öz işinin məqsədini müəyyən etmək, bu baxımdan tədris materialını sistemləşdirmək, müstəqil surətdə material toplamaq, inşa yazmaq və s. kimi intellektual bacarıqlara yiyələnirlər. İnkişafetdirici təlim prinsipi baxımından bu yol səmərəli sayılır. Lakin ondan məqsədyönlü istifadə etmək üçün intellektual bacarıqların siniflər və fənlər üzrə sistemi və məzmunu əsaslı şəkildə işlənilməlidir.

Tapşırıqlar və onların sistemi: dərsin məqsədinə uyğun və qoyulan tədqiqat probleminin həllinə yönəlmiş olmalıdır(təfəkkürün növünə görə, məlumat mənbələrinə görə, nəticələri təqdimetmə formasına görə və s.); şagirdlərin yaşına, bilik və intellectual səviyyəsinə, qabiliyyətlərinə və maraqlarına uyğun olmalı, diferensial xarakter daşımalıdır; dövlət proqramına və milli dəyərlərə əsaslanmalıdır; aktual, real həyatla və şagirdlərin təcrübələri ilə bağlı olmalıdır; kəşfetmə həvəsini artıran, maraqlı, cəlbedici olmalıdır; dəqiq ifadə edilməlidir; aydın və açıq sualları özündə ehtiva etməlidir.

Təhsilalanın tədqiqatçı mövqeyində çıxış etməsi o zaman mümkün olur ki, təlim materialının məzmunu, vasitə və metodların hərəkət forması (təlim prosesində təilm materialının məzmunu, vasitə və metodlar təşkilat formasına nəzərən məzmun yerində şıxış edir) tədqiqat prosesinə uyğun olsun. Qəbul etsək ki, tədqiqat prosesinə uyğun qurulan təlimin təşkilat formasının özünəməxsus quruluşu vardır və bu, tədqiqat prosesinin mərhələlərini xatırladır, fikrimizcə, o qədər də ciddi səhvə yol vermis olmarıq.

Tədris tapşırıqlarının özünəməsus xüsusiyyətləri çoxdur, lakin bir cəhət aydındır: onları həll etmək üçün təhsilalanlar zəruri tədris əməliyyatlarına yiyələnməlidirlər. Tədris əməliyyatları müxtəlifdir. Onlardan bir çoxu ümumi xarakter daşıyır və müxtəlif tədris materiallarının mənimsənilməsində, demək olar ki, eyni vüsətlə istifadə olunur. Bəzi tədris əməliyyatları daha çox müəyyən tədris materiallarının (riyazi, linqvistik və s.) mənimsənilməsi üçün səciyyəvidir. Xüsusi hallarda tətbiq olunan tədris əməliyyatlarını da fərqləndirirlər. Fikri proseslər-təhlil, tərkib, müqayisə, ümumiləşdirmə və s. tədris əməliyyatlarının strukturunda xüsusi yer tutur. Fikri proseslər həmişə müəyyən fənnin (hesab, həndəsə, qrammatika və s.) məzmununa tətbiq olunmaqla həyata keçirilir və "buna görə də müxtəlif hesab, həndəsə və s. əməliyyatları şəklində meydana çıxır". Bu baxımdan tədris əməliyyatlarının formalaşması təhsilalanların əqli fəaliyyət priyomlarına yiyələnməsi ilə bilavasitə bağlıdır.

Qeyd etmək yerinə düşər ki, insanın özünü dərk etməsi həmişə dünya fəlsəfəsi, psixologiyası və pedaqogikasının aktual problemi olub. Elm xadimləri insanın özünü

dərk etməsinə şəxsiyyət yönümündən yanaşıb, onun köklərini insanın öz "Mən"i haqqında təsəvvürlərinin formalaşması prosesində axtarıblar.

Təəssüf ki, tədqiqatçılar son dövrlərədək insanın öz ağıl dünyasının, təfəkkür aləminin, koqnitiv proseslərinin xüsusiyyətlərini dərk etməsini kifayət qədər dəyərləndirməyiblər. Çağdaş Amerika psixologiyasında bu məsələ diqqət mərkəzinə çəkilərək metaidrak sistemi kimi öyrənilməyə başlanılmışdır.

Müəyyən edilmişdir ki, uşaqlar inkişaf etdikcə onlarda koqnitiv (idrak) proseslər haqqında müəyyən təsəvvürlər formalaşır və özlərinin əqli fəallıqlarını tənzim etməyə başlayırlar. Vurğulamaq yerinə düşər ki, özünümonitorinq, özünütənzimləmə, özünüqiymətləndirmə metakoqnitiv bacarıqlar olub, bir-biri ilə əlaqəli, lakin fərqli anlayışlardır. İnsanın özünün dərk proseslərindən agah olması və dərk etməsidir.

Fleyvell metaidrakın bəzi funksiyalarını ətraflı öyrənmiş və təsvir etmişdir. Onlardan aşağıdakıları qeyd etmək olar: 1)Problemin qoyuluşu və onun mümkün həlli yolunun müəyyən edilməsi; 2)Tapşırığın həlli üçün hansı koqnitiv prosesin zəruri olmasını bilmək; 3)İdrak qaydaları və üsullarının aktivləşdirilməsi; 4)Təfəkkürün imkanlarına inam; 5)Tapşırıqları daha səmərəli həll etmək cəhdi. Bu funksiyalar bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqədədir. Birinci funksiya uşaqlarda fəaliyyətin məqsədləri haqqında təsəvvürlərin əmələ gəlməsi ilə şərtlənir. Yaş artdıqca onlar məlum yolları müxtəlif situasiyalara tətbiq etməyi öyrənirlər. Tədricən təhsilalanlarda koqnitiv proseslər haqqında təsəvvürlər formalaşır. [1; 60], [7; 74]

Tədris fəaliyyətinin formalaşmasında nəzarətin də yeri tutumludur. Fəaliyyətin səmərəli olub-olmaması tədris əməliyyatları ilə yanaşı, həm də nəzarətin səviyyəsi ilə bilavasitə bağlıdır. Nəzarət tədris fəaliyyətinin özgün tərkib hissəsi kimi mühüm xüsusiyyətə malik olan qiymətləndirmə ilə bilavasitə bağlıdır. Nəzarət prosesində tədris fəaliyyətinin son nəticəsi deyil, ayrı-ayrı tədris əməliyyatlarının nəticəsi araşdırılır. Qiymətləndirmə prosesində tədris fəaliyyətinin son nəticəsi təhlil olunur, onun tədris fəaliyyətinin məqsədinə nə dərəcədə uyğun olması müəyyən edilir.

Qiymətləndirmə psixoloji cəhətdən səmərəli olanda tədricən özünüqiymətləndirməyə çevrilir, təhsilalanın mənlik şüurunun formalaşmasında mühüm rol oynayır; Özünümonitorinq, özünütənzimləmə, özünüqiymətləndirmə metakoqnitiv bacarıqlar olub, bir-biri ilə əlaqəli, lakin fərqli anlayışlardır. İnsanın özünün idrak proseslərindən agah olması və dərk etməsidir; Özünümonitorinq tapşırıq zamanı insanın hərəkətlərini, davranışlarını və idrak proseslərini müşahidə etmək və izləməkdən ibarətdir. Burada təhsilalan özünü nəzarətdə saxlamağa cəhd etmir, öz fəaliyyətini mühakimə etmir, dəyərləndirmir. Sadəcə özünü müşahidə edərək performansı haqqında məlumat toplayır; Özünütənzimləmə insanın məqsədə çatmaq üçün idrakını, emosional vəziyyətini və davranışını nəzarətdə saxlaması və idarə etməsidir. Onun əsas komponentlərinə aid edilir: məqsədin müəyyən edilməsi; planlaşdırma; uyğunlaşma; Özünüqiymətləndirmə özünün fəaliyyəti və ya öyrənməsi haqqında mühakimə yürütmək və ya qiymətləndirməkdir. Onun əsas komponentlərinə aid edilir: qiymətləndirmə; refleksiya; Özünümonitorinq müşahidə və məlumatlılıqla (agah olmaqla) bağlıdır, özünütənzimləmə məqsədinə çatmaq üçün idrak və emosional proseslərin fəal şəkildə idarə olunması ilə, özünüqiymətləndirmə isə öz fəaliyyəti

haqqında mühakimə yürütmək və refleksiya etməklə bağlıdır. Ümumilikdə, bunlar təhsilalanlara öz öyrənmə proseslərini başa düşmək və onlara nəzarət etməklə daha effektiv öyrənən olmağa imkan verən metakoqnitiv bacarıqlardır.

Psixoloji tədqiqatlar əsaslı surətdə göstərir ki, tədris fəaliyyəti formalaşanda, sözün əsl mənasında, təhsilalan öz fəaliyyətinin subyektinə çevrilir. Təhsilalan mərkəzli təlimdə təhsilverənin (fasilitatorun) təhsilalanların koqnitiv bacarıqlarının formalaşdırılması ilə yanaşı onların problem həlletmə bacarıqlarının inkişafına xüsusi önəm verməsi başlıca qayğılarındandır. Problem həll etmə bacarığı problemləri müəyyən etmək, təhlil etmək və səmərəli, effektiv şəkildə həll etmək bacarığıdır. Problem həll etmə bacarığı yüksək olan şəxslər vəziyyətləri qiymətləndirməklə, müxtəlif variantları nəzərdən keçirə və həllə nail olmaq üçün ən uyğun yol seçə bilərlər. Bu bacarıqlar həyatın müxtəlif sahələrində, o cümlədən işdə, təhsildə və gündəlik qərarların qəbulunda vacibdir. Həmçinin problem həll etmə-yeni olan problemlərlə üzləşmək, onların həlli üçün bir metod və uğurlu həll yolu tapmaq deməkdir. Doğru problem həll etmə yiyələndiyimiz bilikləri daha öncə heç vaxt rastlaşmadığımız bir məsələyə tətbiq etməkdir. Bu, tənqidi təfəkkür və qərar qəbuletmə bacarıqlarını inkişaf etdirməyə kömək edir və bəzi gələcəkdə öyrənmədiyimiz vəziyyətlərlə qarşılaşdıqda, onların öhdəsindən gəlməyə hazırlayır. Bu səbəbdən problem həll etmə vacib olan XXI əsr bacarıqlarından biri hesab olunur. Problem həlletməni düzgün tədris etmək həm təhsilalanların akademik inkişafına fayda verir, həm də onları uyğunlaşmanın və əməkdaşlığın vacib olduğu daim inkişaf edən dünyada uğurlu olmağa hazırlayır[3;37]

Təhsilalanlarda problem həll etmə bacarıqları formalaşdırmaq üçün onları problem həlletmə metodları ilə tanışlığa yönəltməyi fasilitator diqqət mərkəzində saxlamalıdır. Sözügedən metodlara substratı aşağıda özünə yer alan mərhələləri ehtiva edən idraki hərəkət forması nümunə ola bilər:1)problem müəyyənləşdirmək; 2)həll yolunu planlamaq; 3)planı həyata keçirmək; 4)prosesi dəyərləndirmək; 5) qiymətləndirmə.

Təhsilalanlarda problem həlletmə bacarıqlarının formalaşdırılması prosesində təhsilverən təfəkkürün müxtəlif növləri, əqli fəaliyyətin analitik və evristik məntiqlərinin vahidin tərəfləri halına gətirilməsi ilə bağlı onların yetərli informasiyaya malik olmalarının zəruriliyini diqqət mərkəzində saxlamalıdır.

Məlumdur ki, təfəkkür insanın koqnitiv (idraki) fəaliyyətidir, düşünmə prosesidir. Koqnitiv fəaliyyət zamanı insanın ideyaları, düşüncələri, mental təsəvvürləri formalaşır və ya istifadə olunur. Təfəkkür beyində gedən elə bir psixi prosesdir ki, insanda psixoloji assosiasiyalar, müxtəlif modellər formalaşdırmağa kömək edir. Təfəkkür insan düşünməyə başlayan an işə düşür. İnformasiya axtaranda, emal edəndə, bu fikirləri başqalarına şifahi və ya yazılı ifadə etmək üçün qruplaşdıranda, ümumiləşdirəndə və s. fəaliyyət zamanı təfəkkür formalaşır və inkişaf edir. Səmərəli düşünə bilmək özü bir bacarıqdır.

Tədris prosesində fasilitator təhsilalana səmərəli düşünmək bacarığı formalaşdırmalıdır. İnsanın necə düşünməsindən asılı olaraq təfəkkürün müxtəlif növləri və müxtəlif düşünmə formaları mövcuddur: məntiqi, tənqidi, yaradıcı, konvergent, divergent, verbal, qeyri-verbal, deduktiv, induktiv, analitik və s. Tənqidi

və yaradıcı düşünmə formalarının təhsilalanlara aşılanması onların inkişafına şərait yaradır. Ona görə də bunların hər biri öz-özlüyündə olduqca vacibdir və təhsilalanda formalaşdırılması lazımdır. Nəzərə alınmalıdır ki, insan düşünərkən yalnız bir təfəkkür növündən istifadə etmir.

Tənqidi düşünən insan: problemi düzgün müəyyənləşdirir; problemin yaranma səbəbini araşdırır; araşdıraraq problem haqqında informasiya toplayır; məlumatları və nəticələri emal edir və qruplaşdırır; problemi sistemli şəkildə həll edə bilir; hansı həll yolunun səmərəli olduğunu müəyyənləşdirir; problemin həll yolunu daha da yaxşılaşdırmağa çalışır; əsaslandırma zamanı uyğunluqları və yanlış anlaşılmaları aşkar edə bilir; fikrini əsaslandırarkən dəlillərdən düzgün və qərəzsiz şəkildə istifadə edir; məntiqi cəhətdən əsaslı və əsassız fikirləri bir- birindən ayıra bilir; kifayət qədər sübutu olmadıqda mühakiməsini kənara qoyur; bir işi görməmişdən əvvəl onun mümkün nəticələrini görə bilir; müstəqil şəkildə öyrənə bilir və ya ən azından bu cür öyrənməyə marağı var; bir fikrin çoxları tərəfindən qəbul edilməsi ilə həmin fikrin etibarlı olub-olmaması arasındakı fərqi görə bilir; müxtəlif baxışları təhrif etmədən, süni şəkildə şişirtmədən və ya ələ salmadan təqdim edə bilir; özünün fikirlərinin yanlış ola biləcəyini, ola bilsin ki, şəxsi seçimlərini dəlillərdən üstün tutduğunu qəbul edir. Yaradıcı təfəkkür (kreativ düşünmə) əşyalara, hadisələrə və problemlərin həllinə yeni və fərqli nöqteyi-nəzərdən baxmağa, bir növ "çərçivəsindən kənar düşünməyə" kömək edən idrak prosesidir.Yaradıcı təfəkkür yalnız istedadla bağlı deyil. Bu elə bir düşüncə tərzidir ki, müxtəlif situasiyalarda fərqli nəticələrə, problemi fərqli şəkildə həll etməyə şərait yaradır.

İnsan yaradıcı düşünəndə çətin problemləri daha uyğun, səmərəli və fərqli şəkildə həll edə bilir, əşyalara, məsələlərə müxtəlif aspektlərdən baxmağı bacarır. Bunun üçün insanın müxtəlif konsepsiyalar arasında əlaqə yaratmaq, analogiya aparmaq, yeni nöqteyi-nəzərdən baxa bilmək bacarığı olmalıdır.

Təhsilalanlarda yaradıcı təfəkkürü inkişaf etdirmək üçün bəzi fəaliyyətləri tez-tez təkrarlamaq, bu istiqamətdə bacarıqları inkişaf etdirmək lazımdır. Bu fəaliyyətlər bir yerdə tətbiq olunanda problem və məsələlərə yeni nöqteyi- nəzərdən baxmağa şərait yaradır.

Yaradıcı təfəkkürü inkişaf etdirmək üçün müxtəlif texnikalar vardır. Bu texnikaların tətbiqi və istifadəsi təhsilalanda ideyaların generasiyasını, problem fərqli şəkildə həll etməyi, nəticədə məsələyə yaradıcı yanaşmanı təmin edir. Təhsilalan mərkəzli təlimin müxtəlif forma və modelləri barədə informasiya elmi mənbələrdə qismən özünə yer almışdır. Bunlara:1)Sinxron və asinxron tədris;2)Sorğu və araşdırma əsaslı təlim; 3)Problem əsaslı öyrənmə; 4)Layihə əsaslı öyrənmə(Project Based Learning-PBL); 5)Oyun əsaslı öyrənmə və s. nümunə ola bilər.

Burada "Təhsilalan mərkəzli təlimin müxtəlif forma və modelləri" anlayışına və yuxarıda təqdim etmiş olduğumuz bəzi mülahizələrimizə aydınlıq gətirmək məqsədi ilə "Problem əsaslı öyrənmə" və "Layihə əsaslı öyrənmə" modelləri barədə lakonik şəkildə interpretasiyatəqdim etməyi lazım bilirik. Problem əsaslı öyrənmə Təhsilalan mərkəzli təlim modelidir. Bu modeli təqdim edərkən təhsilalanlar fənnin məzmununa uyğun real həyat probleminin həlli üzrə fəaliyyətə cəlb olunurlar. Həm mövcud

biliklərin istifadəsi, həm də yeni bilik və bacarıqların əldə edilməsi şəraitində effektiv öyrənməyə imkan yaranır. Problem üzərində düşünmək, onu hərtərəfli müzakirə etmək, həllinə çalışmaq tənqidi düşünmə, problem həlletmə, ünsiyyət kimi bacarıqları inkişaf etdirir. Problem əsaslı öyrənmə qrup şəklində aparıldığından təhsilalanlarda əməkdaşlıq bacarıqları aşılayır, formalaşdırır. Eyni zamanda hər hansı bir problemi həll etmək, bunun üçün çalışmaq onlarda daxili motivasiyanı aktivləşdirir, öyrənməni mənalı bir fəaliyyətə çevirir. Problem əsaslı öyrənmə özündə bir sıra mərhələləri ehtiva edir. Sözügedən mərhələlər bunlardır: 1)Problemi ifadə edən açıq tipli sualın təqdim edilməsi; 2)Problemi aydınlaşdırmaq, müzakirə etmək; 3)Bilikləri təsnif etmək(Problem haqqında nə bilirik? Problem haqqında nəyi bilməyimizə ehtiyacımız var?); 4)Mümkün həll yollarını ortaya qoymaq; 5)Nəticələri və həll yolunu bölüşmək.

Problem əsaslı öyrənməni bir çox xüsusiyyətləri ilə Layihə əsaslı öyrənmənin altforması kimi təqdim edən mütəxəssislər də var. Bütün oxşar cəhətlərinə baxmayaraq hər ikisinin bir-birindən fərqli xüsusiyyətləri də var. Layihə və Problem əsaslı öyrənmə modellərinin hər ikisi təhsilalan mərkəzli olmaqla təhsialanlarda öyrənmə aktivliyi yaratması, tənqidi təfəkkürü, problem həll etməyi, əməkdaşlığı inkişaf etdirməsi baxımından ortaq xüsusiyyətlərə malikdir.

Layihə əsaslı öyrənmə modeli Problem əsaslı öyrənmədən fərqli olaraq təkcə nəzəri biliklərin mənimsənilməsi ilə yekunlaşmır. Nəzəri biliklərdən istifadə etməklə hansısa məsələnin həllini tapmağı nəzərdə tutur. Layihə əsaslı öyrənmə öyrənilən biliklərlə onların tətbiqini uzlaşdıran, real həyat problemlərinə xitab edən bir modeldir. Eyni zamanda proses boyunca təcrübi olaraq bilikləri dərinləşdirmək, əməkdaşlıq, ünsiyyət, problem həlletmə kimi bacarıqların inkişafına imkan yaradır. PBL-də çətin və real problemlərin həlli yollarının tapılması təhsilalanların müxtəlif konsepsiya və prinsiplərin öyrənilməsi üçün istifadə olunur. Burada məqsəd təhsilalanların bilik və faktları informasiya kimi öyrənib danışması yox, bu bilikləri lazımi məqamda istifadəni bacarmalarını təmin etməkdir. Layihə əsaslı öyrənmədə atılmalı addımlar bunlardır: problemin qoyuluşu; plan tərtibi; araşdırma və məhsul hazırlığı; skafoldinq (doğru istiqamət vermə) və monitorinq; nəticələrin yoxlanılması və prosesin (fəaliyyətin) dəyərləndirilməsi.

Nəzərə almaq lazımdır ki, dərslərdə müxtəlif layihələrin reallaşdırılması və Layihə Əsaslı Öyrənmə eyni deyil. Dərslərdə layihənin reallaşdırılması təhsilalanlarda bilik və bacarıqlar formalaşdırılandan sonra onların tətbiqi üçün verilir. Layihə əsaslı öyrənmədə isə bilik və bacarıqlar layihənin reallaşdırılması zamanı baş verir. Layihə əsaslı öyrənməni bütün fənlərdə tətbiq etmək mümkündür. Sadəcə məsələlərə fənnin perspektivindən baxmaq və hansı problemi həll olunacağını fikirləşmək lazımdır.

Müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsinin təşkil və idarə olunması yolunun nəzəri vətexnoloji aspektlərinin tədqiqində, əldə olunan tədqiqat materiallarının ümumiləşdirilməsində biz “tam-hissə”, “ümumi-xüsusi-təkcə” dilektik asılılıqlarınnın diqqət mərkəzində saxlanılmasını “zəruri yanaşma” kimi qəbul etmişik (“Təhsilalan mərkəzli təlim modeli”nin tətbiqində də sözügedən dialektik asılılığa önəm verməyi zəruri saymağı doğru seçim hesab edirik).

Pedaqoji praktika təsdiqləyir ki, təhsilin həyata keçirilməsində təhsilverənlərlə təhsilalanlar arasında "S-S" sisteminə uyğun qarşılıqlı əməkdaşlıq əsasında ümumi pedaqoji tələblər gözlənilməlidir. Sözügedən tələblər bunlardır: 1)pedaqopji prosesin tamlığı-təhsil məqsədlərinin öyrədici, tərbiyəedici və inkişafetdirici xarakter daşıması; 2)təhsilalanlar üçün bərabər imkanların yaradılması-müəssisənin təhsil infrastrukturuna uyğun olaraq, təhsilalanlar üçün eyni təlim şəraitinin təmin edilməsi, təhsil prosesinin təhsilalanların meyl, maraq və potensial imkanları nəzərə alınmaqla tənzimlənməsi; 3)şəxsiyyətyönümlülük - təhsilalanların idraki, ünsiyyət və psixomotor fəaliyyətləri əsasında həyati bacarıqlarını inkişaf etdirməklə, onlarda milli və bəşəri dəyərlərin formalaşdırılması; 4)təhsilalanyönümlülük - təhsil fəaliyyətlərinin bilavasitə təhsilalanların mənafeyinin müdafiəsinə, təhsil tələblərinin ödənilməsinə, istedadlarının reallaşmasına, şəxsiyyətlərinin formalaşmasına yönəldilməsi; 5)inkişafyönümlülük - təhsilalanların təhsil nailiyyətlərinin təhlilindən alınan nəticələr əsasında onların inkişaf perspektivlərini ehtiva edən kompleks tədbirlərin həyata keçirilməsi; 6)fəaliyyətin stimullaşdırılması - təlim prosesinin səmərəliliyinin artırılması, təhsilalanların təlim marağının yüksəlməsi üçün onların nailiyyətlərinin izlənilməsi və dəyərləndirilməsi istiqamətində tədbirlərin gözlənilməsi; 7)dəstəkləyici mühitin yaradılması-təhsilin keyfiyyət göstəricilərinin yaxşılaşdırılması üçün zəruri infrastukturun, sağlam mənəvi - psixoloji mühitin, yaradıcı və təhlukəsiz təhsil şəraitinin təmin edilməsi.

Yuxarıda vurğuladığımız dialektikaya dayanaraq, qəbul edirik ki, təhsilin həyata keçirilməsində təhsilverənlərlə təhsilalanlar arasında "Tam-hissə"prinsipinə uyğun, qarşılıqlı əməkdaşlıq əsasında ümumi pedaqoji tələblər "Təhsialan mərkəzli təlim"in tədqiqində, təşkil və idarə olunmasında konkret şəraitə uyğun yaradıcılıqla gözlənilməlidir.

Söylənilən yanaşmaya rəğmən, "Didaktika"nı "Təhsil və təlim nəzəriyyəsini" ümumi, "Təhsilalan mərkəzli təlim"nəzəriyyəsini(elmi idrakın ən yüksək forması olaraq) xüsusi statusunda interpretasiya olduğunu şərtləşmiş olsaq, onda "Çoxnövlü zəka"(Harvard Qardner), "Zehni inkişafın mərhələləri"(Jan Piaje), "Sosial inkişaf" (Lev Vıqotski), "Düşüncə tərzi "(Karol Dvek), "Mənəvi inkişaf" (Lourens Kolberq), "Öyrənmənin şərtləri" (Robert Qanye), "Emosional zəka" (Daniel Qoulman), "Şəxsiyyətin formalaşdırılması və inkişafı" ("İntrovert və ekstravert şəxsiyyət"-K.Yunq) nəzəriyyələri təkcə (təlimin hasısa aspekti, cəhəti, komponenti) barədə mənəvi əxzetmənin yüksək forması kimi qəbul oluna bilər. Odur ki, təqdim etdiyimiz bu nəzəriyyələrə (sonunculara) "Təhsialan mərkəzli təlim"in təşkilinin və idarə olunmasında konkret şəraitə uyğun yaradıcılıqla istinad etmək ümumi işin xeyrinə olar.

Burada məxsusi olaraq vurğulamaq yerinə düşər ki, əldə rəhbər tutulan ən mühüm tələblər, aid olduğu sisemdə "tam-hissə-hissələrarası dialektik asılılıqlardan"-qanunauyğunluqlar və qanunlardan irəli gələn prinsiplərdir, bu prinsiplər tədrisin metodik sistememinin formalaşdırılmasının əsasında durur, onun təbiətini şərtləndirir.

Tədqiqatın elmi yeniliyi müasir cəmiyyətin çağrışlarına uyğun ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesində təhsilalanların bacarıqlarının inkişafına (onların texnoloji savadlılığının və informasiya mədəniyyətinin, intellektual bacarıqlarının

inkişafına) təsir göstərən mühitin tənzimlənməsi barədə ideya (nəzərə alınır ki, ideya vacib dəyərdir) müəyyənləşdirilmişdir, hansı ki, bu ideya elmi idrak forması olaraq hipotezalar doğuracaq, bunlar isə öz növbəsində inkişaf edərək "Təhsilalan mərkəzli təlimin təşkilinin və idarə olunmasının əsasları" kimi nəzəriyyəyə çevriləcəkdir.

Tədqiqatın nəzəri əhəmiyyəti cəmiyyətin gələcəyinin inkişafı üçün dayanıqlılığa şərait yaradılması problemin həllinin nəzəri və praktik yollarının geniş tədqiqatı üçün sonrakı elmi fəaliyyətlərin yönləndirilməsində təqdim olunan mövzu üzrə araşdırmanın məxsusi funksiyaya malik olmasıdır.

Tədqiqatın praktik əhəmiyyəti budur ki, real pedaqoji prosesdə praktik pedaqoqlar müasir cəmiyyətin çağrışlarına uyğun ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesində təhsilalanların bacarıqlarının inkişafına (onların texnoloji savadlılığının və informasiya mədəniyyətinin, intellektual bacarıqlarının inkişafına) təsir göstərən mühitin tənzimlənməsi barədə ideyadan əməli fəaliyyətlərində faydalanma imkanları əldə etmiş olurlar.

Nəticə. 1. IV sənaye inqilabının çağrışlarına uyğun formalaşan cəmiyyətinin hər bir üzvündə informasiya mədəniyyətinin və texnoloji savadlılığın mövcudluğu arzuolunan keyfiyyətdir; 2. "Texno – demokratik – informasiya cəmiyyəti"nə adekvat olan təhsil sistemi "Təhsil 4.0" istilahı ilə elmi mənbələrdə, pedaqoji praktikada özünə yer almış və məntiqi əsaslarla üstqurum qismində interpretasiya olunmuşdur; 3. İnformasiya mədəniyyətinin və texnoloji savadlılığın mövcudluğu üçün səmərəli mühit sərgiləyən "Təhsil 4.0"-ın məxsusi xüsusiyyətlərə malikdir və bu sistemdə formalaşdırılması zəruri olan bacarıqları müəyyən məntiqi əsasla qruplara ayırmaq mümkündür; 4. Müasir sosial-iqtisadi inkişaf mərhələsində, "Texno – demokratik – informasiya cəmiyyəti"ndə yaşayan hər kəsin intellektual, yaradıcı fəaliyyət göstərməsi üstün tələbata çevrilmişdir: 4.1.İnsanın həmin cəmiyyətin yaradıcı fəaliyyətli subyektinə çevrilməsi üçün o, zəruri keyfiyyətlərin inkişafını şərtləndirən təhsil mühiti ilə əhatə olunmalıdır; 4.2. "Texno – demokratik – informasiya cəmiyyəti"ndə üstqurum kimi formalaşan təhsilin həyata keçirilməsi prosesi(adekvat təlim modeli) mövcud olmalıdır; 4.3.Bazisin çağrışlarına müvafiq keyfiyyətləri əxz etmək üçün insan (burada-təhsilalan) üstqurum kimi formalaşan təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin təşkili və idarə olunmasının fəal subyekti funksiyasının "imkan daşıyıcısına" çevrilməlidir; 5.Təhsilin həyata keçirilməsində təhsilverənlərlə təhsilalanlar arasında prinsipinə uyğun qarşılıqlı əməkdaşlıq əsasında ümumi pedaqoji tələblər diqqət mərkəzində saxlanılmalıdır; 6.Təhsilin həyata keçirilməsində təhsilverənlərlə təhsilalanlar arasında"S-S" modelinə uyğun qarşılıqlı əməkdaşlıq əsasında formalaşan ümumi pedaqoji tələblər "Təhsialan mərkəzli təlim"in tədqiqində, təşkil və idarə olunmasında konkret şəraitə uyğun (yaradıcı şəkildə) gözlənilməlidir.

Ədəbiyyat

1. Ə.Ə.Əlizadə. Müasir Azərbaycan məktəbinin psixoloji problemləri. Bakı: "Pedaqogika",2004. 432s.
2. Mirzəcanzadə A.X. İxtisasa giriş(Heft və qaz profilli ali məktəblər üçün dərs vəsaiti), Bakı, BDU nəşriyyatı, 1990, 368s.

3. Metodika və pedaqogika (Yenilənmiş çərçivə sənədi əsasında vəsait). Bakı, Maksimum Tədris Mərkəzi, 2024.182s.
4. F.N.İbrahimov, R.L.Hüseynzadə. Pedaqogika. Dərslik. 2 cilddə. Icild. Bakı: "Mütərcim", 2013.708 s.
5. Elmira Məmmədova.Texnoloji savadlılıq: Rəqəmsal dünyada uğurun açarı (tr.linkedin.com/posts/elmira-mammadova-01807722).
6. Feyziyev C.Ə., İbrahimov F.N., BədiyevS.R. Didaktika (Dərs vəsaiti). Bakı: Mütərcim, 2011, 624s.
7. Ümumi psixologiya (professor A.V.Petrovskinin redaktorluğu ilə). II nəşrdən tərcümə. Bakı: "Maarif: 1977. 494s.
8. Z.Veysova. Ümumi orta təhsil səviyyəsi üzrə yeni fənn kurikulumlarının tətbiqi. Bakı: "İnkişaf" elmi mərkəzi, 2013.163s.
9. Rasulov R.A., İbrahimov F.N., Abdullayeva G.A. ADPU-nun Şəki filialı 30 ildə: uğurlar, perspektivlər . Bakı, "Mütərcim", 2022. 502s.
10. Schwab, K. The Fourth Industral Revolution; World Economic Forum: Geneva, Switzerland, 2016; İSSBN 97819448350020.
11. World Economic Forum Report (2016b). New Vision for Education: Fostering social and emotional learning through technology.http://www.weforum.org/docs/ WEF New Vision for Educat ion.pdf.
12. Vichian P. Education 4.0: New Challenge of Learning // St.Theresa Journal of Humanities and Social Sciences, 2016, Vol 2, № 2 pp.92-97.
13. Wilkesmann M. Wilkesmann U. "İndustry 4.0-organizing routines orinnovations?"// VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems, 2018, Vol 48, №2, pp 238-254.
14. Hristian K. Challenges and Opportunities for Education in the Fourth İndustrial Revolution // African Journal of Public Affairs, 2019, Vol 11, №3, pp. 78-94.
15. Sari L., Arif S.The Roles of Digital Literacy, Technology Literacy, and Human Literacy to Encourage Work Readiness of Accounting Education
16. Students in the Fourth İndustrial Revolution Era // International Conference on Economics, Education, Business and Accounting, 2019.
17. Priya S.Digital Revolution of Education 4.0// International Journal of Engineering and Advanced Technology (İJEAT), 2019, Vol9, №2, pp.3558-3564.
18. Mascheroni G., Olafsson K. The mobil internet: Access, use, opportunities and dividies among European children// New media and Society, 2016, Vol №8, pp.57-79.
19. Ercan Ö.Egitimde Yeni Yönelimlerin Degerlendirilmesi ve Egitim //Universite Araşdırmaları Dergisi, 2018, Vol 1, №1, pp.25-30;
20. Ling Li. Educattion supply shain in the era of İndustry 4.0// System Research and Behavioral Science. 2020,Vol 37, №4, pp.579-592.
21. Fatih D.,Elif İ.,Nurdan K. Yükseкögretimde Hedeflenen Dönüşümü Gerçekleştirme Araçlarından Egitim Programı 4.0// Bayburt Egitim Fakwltesi Dergisi, 2019,Vol 14, №8, pp.432-466.

22. Abdullah D. Changing education training paradigms from industrial 4.0 to educattion 4.0//İnternational Congress on Sosial Sciences //(İNCSOS 2018Quds). 2018, Vol 13, №15, pp.147-171.
23. Hussin A. Education 4.0 Made Simple: İdeas For Teaching// International Journal of Education and Literacy Studies, 2017, Vol 6, №3, pp.92-98.
24. Dario A., Alessandro C., Marta F., Elpido R. Smart education in the context of İndustry 4.0 // IEEE Global Engineering Education

MÜASİR ÜMUMİ TƏHSİLİN HƏYATA KEÇİRİLMƏSİ PROSESİNİN KEYFİYYƏTİNİN ARTIRILMASI YOLUNUN "FUNKSİYA" ANLAYIŞI ƏSASINDA İNTERPRETASİYASI

Firədun Nadir oğlu İbrahimov
Pedaqoji elmlər doktoru,
ADPU-nun Şəki flialının professoru,
https: //orcid org/0000-0002-0775-1048;
Nuranə Bəhram qızı Cəbrayılova
ADPU-nun Şəki flialının baş müəllimi
https: //orcid org/ 0000-0002-3490-6201

Xülasə. Məqalədə vurğulanır ki, hazırda "Texno-demokratik-informasiya cəmiyyəti" mövcuddur. Onun xüsusiyyətlərinə adekvat təhsil sistemi bərqərar olmuşdur və bu sistem daim təkmilləşdirilməklə daha modern hala gətirilməkdədir. Təhsilin struktur elementləri məxsusi təbiətə malikdir, burada tam ilə hissə və hissələr arasında dialektik münasibətlər mövcuddur. Təhsil prosesində təzahür edən keyfiyyətlər bir sıra arqumentlərdən asılı olaraq dəyişir.

Tədqiqat işinin müəllifləri "müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin keyfiyyəti"nin asılı dəyişən kəmiyyət-funksiya (çoxdəyişənli mürəkkəb funksiya$-F=f(U_1.U_2.U_3.\dots.U_k), U_k = g(x_1, x_1, x_1, \dots, x_k))$ olması ideyasına dayanaraq, sözügedən funksiyanı şərtləndirən (mövcud edən) arqumentlərə diqqət yönəltmiş və ""Müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin keyfiyyətinin artırılması yolunun "funksiya" anlayışı əsasında interpretasiyası"nı təqdim etmişlər.

Açar sözlər: basis, üstqurum, təhsil, təhsilalan mərkəzli təlim, tapşırıq, bilik, bacarıq, metakoqnitiv bacarıqlar, kompetensiya, idrak, təfəkkür, divergent və konvergent düşünmə, şəxsiyyət, introvert və ekstravert şəxsiyyət, idrak, emosional-affektiv, psixomotor taksonomiyalar

Tədqiqat mövzusunun aktuallığı. Müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin keyfiyyətinin artırılması vacib pedaqoji problemlərdən olduğu, onun reallaşdırılmasına yönələn bir sıra idrak məsələlərinin mövcudluğu təkzib olunmur.

Müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin kefiyyəti asılı dəyişəndir: riyazi anlamda bu funksiya– $F=f(U_1.U_2.U_3.\dots.U_k), U_k = g(x_1, x_1, x_1, \dots, x_k)$ çoxdəyişənli mürəkkəb funksiya anlayışı ilə şərh oluna bilər. Hər bir asılı dəyişənin (funksiyanın) məxsusi sərbəst dəyişənləri (arqumentləri-burada ədədi arqumentlərdən bəhs olunmur-F.İ., N.C.) vardır.

Doğruluğu şübhə doğurmayan bu idrak formasına (ideyaya) analoji olaraq iddia etmək olar ki, müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin keyfiyyətliliyi (prosesin arzuolunan nəticəsi) onu şərtləndirən arqumentlərin müəyyənləşdirilməsindən və sistem halına gətirilərək tətbiqindən asılıdır.

Qeyd olunan bu iki mülahizəyə əsasən ““Müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin keyfiyyətinin artırılması yolunun “funksiya” anlayışı əsasında interpretasiyası” mövzusunda pedaqoji aspektli tədqiqatın aktuallığını iddia edirik.

Tədqiqatın məqsədi. Çoxdəyişənli mürəkkəb funksiya anlayışı əsasında müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin səmərəli yolu barədə ideya müəyyənləşdirməkdir: Nəzərə alınır ki, ideya vacib dəyərdir; insanın fəaliyyət dünyası həmişə ideyaya söykənir; hər kəs fəaliyyətinin nəticəsinin məqbul hesab etdiyi ideyaya adekvatlığını yoxlaya-yoxlaya addımlar atır.

Tədqiqatın metodoloji əsası.Tədqiqatın aparılması prosesində L.Bertalanfinin “Sistem təhlili ideyası”[İbrahimov; 104-108] əsasında (mənası obyektin xassələrini onun hissələrinin xassələrinə əsasən öyrənmək cəhdi kimi izah olunan ideya-kursiv bizimkidir-F.I., N.C.) dialektikanın mühüm qolu kimi formalaşaraq onun alternativi səviyyəsinə yüksəlmiş “Sitem-struktur yanaşma”dan, elmi idrakın empirik, empirik-nəzəri və nəzəri metodlarından, elmi idrakın formalarının daxili əlaqələrindən, müxtəlif pedaqoji və psixoloji araşdırma ümumiləşdirmələrindən metodoloji əsas kimi istifadə olunmuşdur.

Tədqiqat üzrə ümumiləşmələrin interpretasiyası.Yuxarıda vurğuladığımız kimi, hazırda “Texno-demokratik-informasiya cəmiyyəti”-bazis statusunda mövcuddur, hansı ki, kifayət qədər yüksək səviyyədə informasiya xidmətlərinin həyata keçirilməsi sözügedən cəmiyyətin məxsusi xüsusiyyətidir.

İnformasiya cəmiyyətində elm və texnikanın ən yeni nailiyyətlərindən gecikmədən istifadə etmək mümkün olur, bu da əmək məhsuldarlığının artmasına təkan verir. İnformasiya cəmiyyətində yaşamaq uğrunda mübarizə kəskinləşir, ayrı-ayrı iş yerlərindən tutmuş ən nəhəng korporasiyalara qədər rəqabət güclənir. Bu isə ilk növbədə imkanların öz üzərində işləməsini, şirkətlərin, korporasiyaların fəaliyyətində düzəlişlər aparılmasını zəruri edir.İnformasiya cəmiyyətində vətəndaşlar həyatın, əməyin, ağılın və biliyin əhəmiyyətini daha dərindən dərk edir[Mustafayev;41-42]

İnformasiya cəmiyyəti sənaye cəmiyyətindən fərqli olaraq daha intelektual cəmiyyətdir və insanların yüksək təhsilli, bacarıqlı, qərarlı, hərtərəfli inkişafı üçün şərait yaradır [Hristian K.; 78-94].

İnformasiya, hər şeydən əvvəl, insanların dünyada gedən proseslərdən baş açmasını, zehni əməyin, lazımi biliyin, qabiliyyətin milli mənafedə dövlət mənafeyinə lazım olan istiqamətdə yönəldilməsini tənzimləyir.

"Texno-demokratik-informasiya cəmiyyəti"n çağrışlarına adekvat formalaşan "Rəqəmsal təhsil" insanlara sosial həyatda müstəqil şəkildə iştirak etməyə imkan verir. Bundan əlavə, rəqəmsal təhsil və rəqəmsal inqilab gerçəyi mənəvi əxzetmə forma və metodlarında əsaslı dəyişiklikləri tələb edir, rəqəmsal bacarıqların ən vacib qabiliyyətə çevrilməsinə gətirib çıxarır [Priya S.; 58-64]. Şübhə yoxdur ki, təhsilalanların rəqəmsal bacarıqlarının inkişafı onların gələcəkdə rəqəmsal vətəndaşlar (digital citizenship) kimi cəmiyyətdə daha fəal iştirakına səbəb olacaq [Sari L., Arif S; 78-94], [Mascheroni G.,Orafsson K.; 57-79].

Bu bacarıq sadəcə kompyuter və internetdən istifadə etməklə məhdudlaşmır, həmçinin: 1)Rəqəmsal təhlükəsizlik və kibertəhlükəsizlik qaydalarına riayət etməyi; 2)Süni intellekt və avtomatlaşdırma ilə işləməyi; 3)Rəqəmsal analitika və data emalı bacarıqlarını; 4)Bulud texnologiyalarından istifadə etməyi; 5)Yeni texnologiyalara tez uyğunlaşmağı əhatə edir, əks halda onlar sözügedən cəmiyyətin fəal və yaradıcı üzvləri kimi özlərini təsdiq etmək iqdidarında olmazlar.

Təkzib olunmur ki, texnologiyanın sürətli inkişafı ilə əlaqədar olaraq, təhsilalanların təhsil müddətində öyrəndikləri bilik və bacarıqlar onlar təhsili başa vurana qədər köhnəlir.

Elmi və texniki təhsildə günümüzün ən sürətlə inkişaf etməkdə olan texnologiyaların istifadəsinin inkişafına və formalaşmasına kömək etmək üçün təhsilalanları öyrətmək və onları rəqəmsal mühitə hazırlamaq lazımdır. Sürətlə dəyişən mühitə adaptasiya olmaq məzun olduqdan sonra belə, təhsilalanın təhsil müəssisələri ilə əlaqə qurmasını vacib edəcək və həm işçilərə yenilənmiş bacarıqları, həm gənc təhsilalanlara (və müəllim heyətinə) sənaye və koorporativ sektorda sürətlə dəyişən həqiqətlərlə əlaqəli yeni bir istiqamət təqdim edəcək[Ercan Ö.; 25-30], [Ling Li; 579-592].

Bəşər təcrübəsinin paylaşılması prosesi olan təhsil ictimai praktikanın məhsulu olaraq mərhələlər üzrə sənaye inqilablarının xüsusiyyətlərini özündə ehtiva edən bazis üzərində formalaşmışdır. Subyektiv anlamımıza görə, sözügedən paylaşma prosesinin "dövlətin, cəmiyyətin, şəxsin təbatına uyğun sistemləşdirilmiş bilik, bacarıq və vərdişlərin mənimsənilməsi prosesi və onun nəticəsi" kimi formulə edilməsi məqsədə uyğundur [İbrahimov; 260].

Təhsil sisteminin mühüm pilləsi olan "Ümumi təhsil" IV sənaye inqilabının çağrışları əsasında formalaşan bazisin üstqurumunda özünə yer alaraq "Ümumtəhsil məktəblərində təhsilalan (şagird) mərkəzli "S-S" kimi formulə edilən sistem"ə çevrilmişdir[Əlizadə;54-88].

Nəzərdə tutulur ki, ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesində "maraq (maraq həmişə imkandır; imkanı hərəkətə gətirən maraqdır) → hərəkət →prosesə cəlb olunan tərəfin (təhsilalanın) arzuolunan inkişaf, təhsillilik və tərbiyəlilik səviyyəsinə yüksəlməsinin yeni keyfiyyət halı" idarəetmə vektorunu müəyyənləşdirir. Hansıki bu sistem "Çoxnövlü zəka" (Hovard Qardner), "Zehni inkişafın mərhələləri"(Jan Piaje), "Sosial inkişaf" (Lev Vıqotski), "Düşüncə tərzi"(Karol Dvek), "Mənəvi inkişaf" (Lourens Kolberq), "Öyrənmənin şərtlri" (Robert Qanye), "Emosional zəka" (Daniel Qoulman) nəzəriyyələrinin tətbiqlərinə açıqdır.

"Təhsil 4.0"-a uyğun müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin keyfiyyətliliyini şərtləndirən arqumentlərin (bunlar çoxdəyişənli mürəkkəb funksiyanı şərtləndirir) sırasında aşağıda özünə yer alanlar məxsusi əhəmiyyət kəsb edir: U_1 −XXI əsr kompetensiyalarına hədəflənmək; U_2 −Təhsilalan mərkəzliliyə hədəflənmək; U_3Təfəkkür növlərinin xüsiyyətlərinə istinad etmək; U_4 −Şəxsiyyət növlərinin diqqət mərkəzində saxlanılması; U_5 −Sinifdə sağlam psixo-sosial mühitin yaradılması; U_6 −Bilik və onun növlərinin təhsilin həyata keçirilməsi prosesinə daxil edilməsi; U_7 −Fəaliyyət və onun növlərinin təhsilin həyata keçirilməsi prosesinə daxil edilməsi; İdrak, emosional-affektiv, psixomotor taksonomiyalardan faydalanmaq və s.

Öncə, "XXI əsr kompetensiyalarına hədəflənmək" arqumenti(U_1) barədə ümumiləşməmizi verək. Bunlar 2006-cı ildə Avropa Şurasının XXI əsrin insanı üçün müəyyənləşdirdiyi kompetensiyalardır[Maksimum Tədris Mərkəzi; 23-26] və "təhsilin həyata keçirilməsinin səmərəliliyi funksiyası"nın - "çoxdəyişənli mürəkkəb funksiyanın" arqumentlərindəndir və onlar aşağıda şərhi verilən təbiətə malikdirlər:

1.Savadlılıq kompensiyası. Savadlılıq kompetensiyası deyəndə yazılı və şifahi şəkildə təqdim olunmuş informasiyaları, faktları, emosiyaları, fikirləri anlamaq, interpretasiya etmək, həmçinin şifahi və yazılı şəkildə ifadə etmək bacarığıdır.

2. Çox dil bilmək kompetensiyası. Bu kompetensiya müxtəlif dillərdən adekvat və səmərəli istifadə etmək bacarığını əks etdirir.

3.Riyazi, elmi, texnoloji və mühəndislik kompetensiyaları.

3.1.Riyazi kompetensiya-riyazi təfəkkürdən istifadə edərək gündəlik həyatda rastlaşdığı problemlərin həlli yollarını müəyyənləşdirmək bacarığıdır. Əsasında hesablama bacarığı, ədədlərlə iş dayanır. Fəaliyyət və proses zamanı riyazi bilik, bacarıq və təfəkkürdən istifadə edilməsini ehtiva edir. Riyazi səriştəlilik insana problemin həlli və təqdimetmə zamanı riyazi (məntiqi və fəza) təfəkkürdən, model, diaqram, qrafiklərdən istifadə etmək bacarığı və istəyi verir.

3.2.Elmi kompetensiya-həyatda baş verən müxtəlif prosesləri izah etmək, təhlil etmək və əsaslandırmaq, nəticə çıxarmaq üçün savada malik olmaq və ondan istifadə etmək bacarığı və istəyini ehtiva edir.

3.3.Texnoloji və mühəndislik kompetensiyası-insanların tələb və istəklərinə uyğun olan yeniliklərin və dəyişikliklərin yaradılması üçün bilik və bacarıqların istifadəsini ehtiva edir.

4.Rəqəmsal savadlılıq kompetensiyası-rəqəmsal texnologiyalardan öyrənmədə, işdə, şəxsi həyatda məqsədəuyğun şəkildə, inamlı şəkildə, operativ və tənqidi yanaşaraq onun istifadəsidir. İnformasiya ilə bağlı olduğu üçün informasiya savadlılığını da istifadə etməklə rəqəmsal məzmunun yaradılması (proqramlaşdırmanın aparılması), təhlukəzliyin təmin olunması (kibertəhlukəzlik) və problemlərin həllini ehtiva edir. İnsanlar anlamalıdırlar ki, rəqəmsal texnologiya ünsiyyəti, yaradıcılığı, informasiyaları dəstəkləyir. Onlar Rəqəmsal texnologiyaların imkanlarını, məhdudiyyətini, nəticələrini və risklərini qəbul etməlidirlər.

5.Şəxsi, sosial və öyrənməyi öyrənmək kompetensiyası: özü haqqında düşünmək, məlumatlı olmaq; vaxtı və informasiyanı səmərəli idarə və istifadə etmək; başqaları ilə konstruktiv əlaqə qurmaq; öz öyrənməsini və karyerasını davamlı və effektiv etmək;

emosiyalarını idarə etmək; çətinliklərdən və qeyri-müəyyənliklərdən çıxış yolu tapmaq; öyrənməyi öyrənmək; özünün fiziki, psixoloji və emosional durumunu sağlam saxlamaq; gələcəyə yönəlik planlar qurmaq; konflitləri inklüziv və dəstəkləyici şəraitdə həll edə bilmək bacarıqlarıdır.

6.Fəal vətəndaş mövqeyi kompetensiyası - bu, məsuliyyətli vətəndaş kimi davranmaq bacarığıdır. Dövlətin və ölkənin ictimai həyatında dövlətin sosial, iqtisadi, siyasi konsepsiyalarını və strukturlarını nəzərə alaraq tam mənası ilə iştirak etmək bacarığıdır.

7.Sahibkarlıq kompetensiyası. Sahibkarlıq-imkanları, ideyaları başqalarının dəyərlərinə transformasiya etmək bacarığıdır. Yaradıcılığa, tənqidi təfəkkürə, problem həlletməyə, təşəbbüskarlığa, israrlılığa, planlaşdırmaya söykənən layihələrin idarəedilməsi bacarığını formalaşdırır.

8.Mədəni məlumatlılıq və özünü idarəetmə kompetensiyası özünün və başqalarının mədəniyyəti haqqında məlumatlı olmaq, başqalarının mədəniyyətinə hörmətlə yanaşmaqdır. Öz mədəniyyətinə aid olan fikirlərin başqa mədəni kontekstdə (incəsənət yolu ilə) fərqli şəkildə ifadə oluna biləcəyini anlayır və qəbul etməkdir. Öz mədəniyyətinə aid olan detalların fərqli mədəniyyətlərdə fərqli şəkildə ifadə olunmasını anlayışla qarşılamaqdır.

■Arqumentlərin sırasında (U_2) −**"**Təhsilalan mərkəzliliyə hədəflənmək" məxsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu arqumentin prosesdə özünə yer alması sayəsində: təhsilin həyata keçirilməsinin "S−S" modelinə uyğun reallaşması mövcud olur, proses təhsilverənin məqsədinin təhsilalanın məqsədinə çevrilməsi ilə başlayır və təhsil verənin fasilitatorluğu ilə təhsiverənlə təhsilalanlar, təhsilalanların öz aralarında əməkdaşlıq münasibətlərinə dayanmaqla davam edir.

Məhz, bu halda-təhsilin həyata keçirilməsi prosesində "maraq (maraq həmişə imkandır; imkanı hərəkətə gətirən maraqdır) → hərəkət →prosesə cəlb olunan tərəfin (təhsilalanın) arzuolunan inkişaf, təhsillilik və tərbiyəlilik səviyyəsinə yüksəlməsinin yeni keyfiyyət halı" idarəetmə vektoruna çevrilmiş olur[İbrahimov; 4-5].

■ Arqumentləri sırasında(U_3) − "Təfəkkür növlərinin xüsiyyətlərinə istinad etmə"nin məxsusi rolu vardır. Sözügedən prosesdə təhsilverən təhsilalanın təfəkkür prosesinin növlərindən yaradıcılıqla faydalanmağı bacarmalıdır.[Əlizadə;54-88]

Dərs zamanı təhsilalanda düşünmək bacarığı formalaşdırılmalıdır. Tənqidi və yaradıcı düşünmə təfəkkürün ən yüksək növlərindən olduğu üçün müxtəlif düşünmə formalarının təhsilalanlara aşılanması onların inkişafına şərait yaradır. Ona görə də bunların hər biri öz-özlüyündə olduqca vacibdir və şagirdlərdə formalaşdırılması faydalıdır.

∗Şagirdlərin məntiqi təfəkkürü onların gündəlik həyatlarının bir parçası olaraq formalaşır. Məntiqi təfəkkür uşaqlar ətraf aləmi dərk etməyə və düşünməyə başladığı andan inkişaf edir.

Məntiqi təfəkkür özündə bunları əks etdirir: səbəb-nəticə əlaqələrinin tapılmasını; problemin sadə yolla həllini; prosesin başlanğıcını və sonunu müəyyənləşdirməyi; faktlar əsasında mühakimə yürütmə və əsaslandırmanı. Tənqidi və yaradıcı təfəkkürün

formalaşması üçün məntiqi təfəkkürün inkişafı vacibdir. Məntiqi təfəkkür eyni zamanda, şagirdlərdə problem həlletmə bacarığının formalaşmasına müsbət təsir edir.

∗Tənqidi təfəkkür-faktları, problemi, qarşıya çıxan məsələləri düzgün anlamaq, təhlil etmək, dəyərləndirmək, problemi səmərəli yolla həll etmək bacarığıdır. Tənqidi düşüncə hansısa məsələyə doğru və qərəzsiz yanaşmaq, ümumiyyətlə isə, aydın və rasional düşünmək bacarığıdır.Tənqidi düşünmə həyati bacarıq olub, XXI əsrdə düşüncəmizdə, şəxsi və iş həyatımızda ən çox tələb olunan və ehtiyac duyulan məsələdir [Əlizadə; 81-85].

Tənqidi təfəkkürü formalaşdırmaq üçün bir çox bacarıqlar vardır. Bu bacarıqları inkişaf etdirmək üçün: təhlil etmək; interpretasiya etmək; izah etmək (özünə və ya başqasına); etibarlı informasiya toplamaq; qərəzsiz yanaşmaq, əvvəlcədən müəyyən fikir formalaşdırıb özünü fərqli şəkildə inandırmamaq; problemi həll etmək.

Təhsilverənlər təhsilin həyata keçirilməsi prosesində təhsilalanları yaddaşəsaslı öyrənmədən uzaqlaşdırmaq üçün müxtəlif strategiyalar tətbiq etməklə onlarda tənqidi təfəkkürü inkişaf etdirə bilərlər. Müxtəlif tapşırıqlar, müzakirələr, debatlar və s. vasitəsi ilə şagirdlərdə tənqidi təfəkkür formalaşdırmaq olar.

∗Yaşadığımız XXI əsr, xüsusilə də son on illik kəskin dəyişikliklər dövrüdür: yeni informasiya, yeni texnologiya və yeni problemlər.İnsanlar hər gün yeniliklərlə qarşılaşırlar və biz onu tam dərk etmədən dəyişir.Bu cür dəyişikliklərin olduğu dünyada artıq ənənəvi problem həlletmə üsulları heç də bütün situasiyalarda effektiv olmur.Yeni xarakterli problemlər yeni yanaşmalar tələb edir ki, bu da yaradıcı təfəkkür sayəsində mümkün olur.

İnsan yaradıcı düşünəndə çətin problemləri daha uyğun, səmərəli və fərqli şəkildə həll edə bilir, əşyalara, məsələlərə müxtəlif aspektlərdən baxmağı bacarır. Bunun üçün insanın müxtəlif konsepsiyalar arasında əlaqə yaratmaq, analogiya aparmaq, yeni nöqteyi-nəzərdən baxa bilmək bacarığı olmalıdır.

Şagirdlərdə yaradıcı təfəkkürü inkişaf etdirmək üçün bəzi fəaliyyətləri tez-tez təkrarlamaq, bu istiqamətdə bacarıqları inkişaf etdirmək lazımdır. Bu fəaliyyətlər bir yerdə tətbiq olunanda problem və məsələlərə yeni nöqteyi-nəzərdən baxmağa şərait yaradır.Yaradıcı düşünmək bacarığını reallaşdırmanın müxtəlif yolları mövcuddur. Bunların sırasına daxil edilə bilər: əlaqələrin yaradılması; sual vermək; təcrübə aparmaq; müşahidə etmək[Abbasov; 150-153].

■Arqumentlərin sırasında (U_4) – "Şəxsiyyət növlərinin diqqət mərkəzində saxlanılması"nın məxsusi yeri vardır.

Əsrlər boyu alimlər insanın şəxsiyyət kimi formalaşmasını, onun müxtəlifliyini izah etməyə çalışmışlar.Müxtəlif alimlər-Z.Freyd, K.Yunq, E.Erkson, L.Kolberq, H.Aysenk və b. elmi tədqiqatlar apararaq şəxsiyyətin formalaşması və inkişafı ilə bağlı nəzəriyyələr irəli sürmüş və şəxsiyyəti müxtəlif aspektlərdən izah etmişlər.Lakin hələ də bu anlayışı tam təsvir edən ortaq yanaşma formalaşmamışdır[Abbasov;59-73].

Tədqiqatçıların fikrincə, şəxsiyyətin inkişafı daxili və xarici amillərlə şərtlənir. Daxili amillər dedikdə, genetik, bioloji, fiziki, fizioloji amillər nəzərdə tutulur.Bu cəhətdən daxili amillər insanın şəxsi fəallığını, onun marağını, insanlarla ünsiyyət və münasibətini də özündə birləşdirir.Xarici amillər dedikdə isə fərdin mədəniyyətə

sahibliyi, sosial-iqtisadi vəziyyət və ailə mühiti nəzərdə tutulur.Bu baxımdan xarici amillər ictimai mühiti, kollektivi, tərbiyəvi təsirləri də özündə birləşdiri[Maksimum Tədris Mərkəzi; 148-151].

Pedaqogika və psixologiya elmlərində şəxsiyyətin inkişafı və tərbiyəsi ilə bağlı üç əsas konsepsiya vardır:1.Bioloji konsepsiya; 2.Sosioloji konsepsiya; 3.Biososial konsepsiya[Abbasov, Məmmədzadə, Məmmədli;59-73].

Şəxsiyyətin formalaşmasında səmərəli yanaşmalardan biri K.Yunqun araşdırmasıdır. Bu yanaşmaya görə, insanın ətrafındakı obyektlərə, insanlara, ümumilikdə fiziki və sosial mühitə münasibəti müxtəlif ola bilir. K.Yunq insanları iki tipə ayırır: ekstravertlər və introvertlər. K.Yunq qeyd edirdi ki, insanlarda hər iki şəxsiyyət növünə rast gəlinir, sadəcə bu şəxsiyyət növünün hansının daha güclü olmasından asılı olaraq onu introvert və ya ekstravert adlandırmaq olar. Psixoloq Hans Ayzenk ilk dəfə olaraq ambivert terminini irəli sürmüşdür. O qeyd edirdi ki, bəzi insanlarda hər iki şəxsiyyət tipi eyni dərəcədə inkişaf edə bilər və bu da ambivery şəxsiyyət adlanır. Belə insanlar hər iki şəxsiyyətdə(ekstravert və introvert)müşahidə olunan üstünlüklərə malik olurlar.Onlar müxtəlif həyati situasiyalarda daha az problemlərlə rastlaşırlar.Belə şagirdlərin məktəbdə çətinlikləri də daha az olur.

Şəxsiyyətin formalaşması ilə bağlı müxtəlif yanaşmalardan biri də xarakterin formalaşmasının mərhələləri ilə bağlıdır. Bu yanaşmaya əsasən şagirddə xarakter formalaşması aşağıdakı mərhələlərdən keçir:1.Əxlaqi davranışın olmadığı dövr; 2.Özünəyönəlmə mərhələsi; 3.Ənənələrlə ayaqlaşma dövrü; 4.Qeyri-rasional şüur dövrü; 5.Rasional şüur dövrü[Maksimum Tədris Mərkəzi; 150].

Şəxsiyyətin formalaşması üçün istifadə olunan strategiyalar sırasında aşağıda qeyd olunanların yeri vardır:1.Qruplarla iş; 2.Düşünmə vaxtının verilməsi; 3.Müsbət gözlənti; 4.Müzakirə prosesinin təşkil edilməsi; 5.Tərbiyədə əks-əlaqə; 6.Sağlam və qayğıkeş mühit; 7.Sosial və emosional bacarıqlar; 8.Yüksək ideallara sahib olmaq; 9.Səmərəli vərdişlər; 10.İradə gücünün formalaşdırılması; 11.Mənəvi-əxlaqi mövzularda müzakirələr və problem həlletmə fəaliyyətləri; 12.Özü ilə bağlı refleksiya etmək imkanının yaradılması; 13.Ümumi məktəb mühitinin ədalət və hörmət hisslərinə əsaslanması.

■ Arqumentlərin sırasında(U_5) –"Sinifdə sağlam psixo-sosial mühitin yaradılması"nın da özünəməxsus yeri vardır.

1. Sosial-emosional öyrənmə barədə. Biliyin, cəmiyyətin dinamik şəkildə dəyişdiyi bir zamanda şagirdlərə yalnız ənənəvi şəkildə akademik biliklərin verilməsi onlar üçün o qədər də fadalı olmur. Müasir dövrdə şagirdləri müxtəlif istiqamətlərdə həyati bacarıqlar, emosional cəhətdən, XXI əsr üçün müxtəlif kompetensiyalar üzrə inkişaf etdirmək ehtiyacı vardır. Bu istiqamətdə səmərəli təsir göstərən yanaşmalardan biri Sosial-emosional Öyrənmədir (Social-Emotional Learning).

Təhsildə Sosial-emosional öyrənmənin mahiyyəti belədir: Sosial-emosional öyrənmə şagirdlərdə həyati bacarıqların formalaşdırılmasına geniş şərait yaradır SEÖ əsas beş kompetensiyaya əsaslanır:1.Özünüdərketmə; 2.Özünüidarəetmə; 3.Sosial məlumatlılıq(empatiya); 4.Ünsiyyət bacarıqları; 5.Qərar qəbuletmənin məsuliyyətini daşımaq.Kompetensiyaların mahiyyəti isə belədir:1.Özünüdərketmə;

2.Özünüidarəetmə; 3.Sosial məlumatlılıq(empatiya); 4.Ünsiyyət bacarığı; 5.Qərar qəbul etməyin məsuliyyəti.

SEÖ-nü dərs prosesinə inteqrasiya etmək üçün onu illik planlaşmaya daxil etmək lazımdır. Ədəbiyyat, tarix dərslərində, təbiət fənlərinin tədrisində SEÖ komponentlərini daxil etmək şagirdlərdə lazımi kompetensiyaların formalaşdırılmasına şərait yaradır. Bu məqsədlə şagirdlərə aydın təlimatlar verilir, sinifdə pozitivlik mədəniyyəti yaradılır, müəllim rol-model (şəxsi nümunə) olur, valideynlər də qismən prosesə cəlb edilir, şagirdlər məktəbdənkənar fəaliyyətlərə cəlb olunur.

Şagirdlərin şəxsiyyət və vətəndaş kimi formalaşmasında SEÖ-nün rolu böyükdür. Bu bacarıqları formalaşdırmaq üçün müəllimlərin emosional intellekt, sosial konstruktivizm, liderlik və idarəetmə haqqında bilik və bacarıqları olmalıdır. Şagirdlərin düzgün formalaşması cəmiyyətin düzgün formalaşması deməkdir.

2.Təhsilin həyata keçirilməsi prosesində təhlukəsiz öyrənmə mühitinin qurulması. Təhsilin həyata keçirilməsi prosesində ən vacib məqamlardan biri hər kəs üçün səmərəli öyrənmə mühitinin yaradılmasıdır. Şagirdlərin öyrənmə motivasiyalarının olması üçün həm çoxlu öyrənmə fürsət və imkanlarına, həm daimi stimula, həm də dəstəyə ehtiyacları vardır.

Əlverişli öyrənmə mühiti sinif daxilində müxtəlifliyi və inklüzivliyi dəstəkləməklə, bütün şagirdlərə uğurlu olmaq üçün imkan yaradır [İbrahimov;16-18].

Hamı üçün səmərəli öyrənmə mühiti yaratmağa kömək edən strategiyalar sırasıda bunlar da vardır: 1. Davranış üçün hamıya aydın olan minimum standartların müəyyənləşdirilməsi; 2. Bütün şagirdlərin dinlənilməsi üçün imkanların yaradılması; 3. Sinifdəki hər bir şagirdin xüsusi ehtiyaclarından xəbərdar olmaq; 4. Sinifdəki bütün şagirdlərə fayda verəcək şəkildə dəstək verilməsi; 5. Şagirdlərə öz öyrəndiklərini necə göstərəcəklərini seçmələri üçün imkan yaadılması; 6. Bir şagirdin inkişafının digəri ilə müqayisə edilməsinə yol verilməməsi; şəxsi inkişaf əsasdır[Maksimum Tədris Mərkəzi;155-157].

3.Sinifin idarə edilməsi. Təlim-tədris prosesində müəllimdən tələb olunan səriştələrdən biri də sinfin səmərəli idarə edilməsidir. Sinfin idarə edilməsi elə bacarıq və texnikalar toplusudur ki, onların vasitəsi ilə müəllim şagirdlərin dərs zamanı nizam-intizamlı və hazırlıqlı olmalarını təmin edir, şagirdlərin diqqətini dərsə cəmləşdirir ki, bu da onların akademik nailiyyətlərinin yüksəlməsinə gətirib çıxarır.Sinfin idarə edilməsi stategiyaları effektiv şəkildə icra edildikdə şagirdlərin öyrənməsinə mənfi təsir edəcək davranışların minimuma enməsinə, öyrənməni dəstəkləyəcək davranışın isə artmasına təsir etmiş olur [MaksimumTədris Mərkəzi; 157-164].

Sinfin effektiv idarə edilməsi üçün müxtəlif texnika və strategiyalar vardır: gözlənti, qayda və prosedur, sinifdaxili konfiliktlərin həll edilməsi, şəxsi nümunə və s.

4.Effektiv müəllim-şagird, müəllim-valideyn münasibətləri. Təhsil ümumilikdə insan münasibətlərindən ibarət bir prosesdir.Yüksək keyfiyyətli məzmun, aydın ifadə olunmuş təlim nəticələri olan dərs planı, əlbəttə ki, vacibdir, lakin bunlar bütün şagirdlər üçün yüksək nəticələrin əldə olunmasına kifayət etmir. Əgər şagirdlərdə onların ehtiyacını qarşılayan pozitiv münasibət qurulsa, onları akademik fəaliyyətə

cəlb etmək və nəticə göstərmələrini təmin etmək daha rahat olar. Şagirdlərlə pozitiv münasibət qurduqda onlar özlərini məktəbə daha bağlı hiss edir, səriştə nümayiş etdirir, seçim imkanları olur və təhlukəsiz öyrənmə mühitindən zövq alırlar[Feyziyev, İbrahimov, Bədiyev; 341-346].

Müəllim-şagird arasında olan pozitiv münasibət qarşılıqlı inam, hörmət və qarşılıqlı dəyərə əsaslanan münasibətdir. Pozitiv münasibət məktəbin akademik misiyasını uğurla yerinə yetirməsinə yardım edir.

Vacib məsələlər sırasında effektiv müəllim-valideyn münasibətlərinin tənzimlənməsinin məxsusi yeri vardır. Valideynin tədris prosesinə cəlb olunmasının şagirdin akademik nailiyyətində və şəxsiyyət kimi formalaşmasında böyük rol oynadığı uzun müddətdir ki, qəbul olunmuş bir faktdır. Ona görə də müəllimlərin peşəkar məsuliyyətlərindən biri də valideynlərin övladlarının öyrənmə prosesinə cəlbinə nail olmaqdır[Abbasov,Məmmədzadə, Məmmədli; 541-547].

Valideynin öyrənmə prosesinə cəlb olunması o deməkdir ki, onlar övladlarının məktəbdəki performansından, davranışından, sosial-emosional vəziyyətindən, məktəbin funksiyasından, keçirdiyi tədbirlərdən və s.xəbərdardır[İbrahimov;146].

5.Qısnama (bullinq). Qeyd edək ki, mobbinq termini geniş formada Avstriya etoloqu Konrad Lorenz öz əsərlərində heyvanların kollektiv formada başqa növün nümayəndələrinə hücum etməsi kimi təsvir etmişdi. Sonralar bu termin bullinq ilə əvəz olundu. Hazırda mobbinq bəzi tədqiqatçılar tərəfindən bullinqin sinonimi kimi, bəzən isə bullinq fərdi, mobbinq isə qrup şəklində kiməsə edilmiş zorakılıq kimi təsvir olunur[Maksimum Tədris Mərkəzi;170-171].

Bullinqin məqsədlərindən asılı olaraq bullinq iki növə ayrılır: məqsədli bullinq; məqsədsiz bullinq. K.Riqbi məqsədsiz bullinqin iki növünü qeyd edir: Düşünülməmiş (Mindless) və tədris bullinqi. Bullinin göstərdiyi davranışa görə, bullinqin fiziki və qeyri-fiziki növləri fərqləndirilir. Bullinin birbaşa və ya dolayısı yolla təsirinə görə bullinqin iki növü fərqləndirilir:vasitəsiz bullinq və vasitəli bullinq.

Bullinqin qarşısının alınması üçün istifadə olunan strategiyalar: 1.Mənəvi dəyərlərin aşılanması; 2.Şagirdlərdə Emosional İntellektin(Eİ) formalaşdırılması; 3.Valideynlərlə əməkdaşlıq və onların maarifləndirilməsi; 4.Məktəb psixoloqu ilə əməkdaşlıq; 5.Şagirdlərin maarifləndirilməsi; 6.Müəllimin rol model(nümunə) olması[Maksimum Tədris Mərkəzi; 170-171].

■ Arqumentlərin sırasında (U_6) – "Bilik və onun növlərinin təhsilin həyata keçirilməsi prosesinə daxil edilməsi"nın da özünəməxsus yeri vardır. Bilik öyrənmə, araşdırma və müşahidə nəticəsində əldə edilən, etibarlığı və düzgünlüyü güman edilməsi mümkün olan həqiqətlərə və prinsiplərə verilən ümumi ad kimi tərif edilir. Bununla bərabər, qeyd etmək lazımdır ki, biliyin tərifi ilə bağlı fikirlər istifadə sahəsinə və perspektivlərinə görə dəyişə bilər. Şagirdlərə bilik vermək və onlarda bacarıq formalaşdırmaq təhsilin əsas məqsədlərindən, müəllimlərin isə əsas vəzifələrindən biridir. Bu mülahizə bilik və bacarıqla bağlı daha ətraflı düşünməyə yol açır və müəyyən suallara gətirib çıxarır[İbrahimov;166-187].

Hansı fənnin tədris olunmasından asılı olmayaraq, təhsilin başlıca məqsədlərindən biri düzgün olduğu təsdiqlənmiş biliyin (nəzəri və paktik)

öyrədilməsidir.Biliyin etibarlı olması üçün müəyyən şərtlərə cavab verməsi lazımdır. Həmin şərtlər qədim yunan fəlsəfəsində irəli sürülmüş və hələ də biliyə əsas baxış hesab edilir. Beləliklə, klassik bilik nəzəriyyəsinə görə, bilmək üçün, ilk növbədə, informasiyanın doğruluğuna inanmaq vacibdir. Bilmək üçün ikinci addım, bildiyimizi hesab etdiyimiz informasiyanın doğru olmasının vacibliyidir. Sonuncu olaraq bilmək üçün biliyin əsaslı olması və ya əsaslandırılması vacibdir[Feyziyev, İbrahimov, Bədiyev; 274-275].

Biliyin dörd növü fərqləndirilir: faktoloji; konseptual; prosedural; metakoqnitiv.

∗ Faktoloji bilik müəyyən bir sahə haqqında danışmaq, onu başa düşmək və sistemləşdirmək üçün həmin sahənin lazım olan bütün əsas elementlərini əhatə edir.Bura hər hansı bir fənnə bağlı olan elmi informasiyalar aiddir. Amma, təbii ki, hər bir fəndə bu cür faktoloji informasiyalar həddindən artıq çox olduğu və bu qədər biliyin qavranılması mümkün olmadığı üçün onların heç də hamısı şagirdlərə təqdim olunmur.Başqa sözlə, öyrədici olması üçün informasiyanın seçilərək təqdim edilməsi vacibdir.

a)Terminoloji bilik xüsusi bir sahə ilə bağlı olan elementləri əhatə edir.Bildiyimiz kimi, terminoloji dil aid olduğu müvafiq sahənin peşəkarlarının bu sahəni tədqiq və müzakirə edərkən istifadə etdikləri dildir. Şagirdlər hər fənnə aid olan terminlərlə tanış olmalıdırlarBu onların nitqinin savadlılığını artırır.Lakin şagirdlərə bir dərs müddətində verilən terminlərin sayı onların yaş və bilik səviyyəsinə uyğun olmalıdır.

b)Spesifik biliyə isə hadisə, yer,insanlar, tarixə və s. aid olan informasiya aid edilir.Burada çox spesifik, məsələn, bir hadisənin dəqiq başvermə tarixi kimi informasiya nəzərdə tutulur.Spesifik bilik terminologiyadan onunla fərqlənir ki, terminologiya bir sahəni başa düşmək üçün bu sahə üzrə razılaşdırılmış ümumi dili ifadə etdiyi halda, spesifik bilik bu sahə üzrə olan xüsusi məlumatları ifadə edir.

∗Konseptual bilik kateqoriya, təsnifat, prinsip, ümumiləşdirmə, nəzəriyyə,model və strukturlar, həmçinin onlar arasındakı əlaqəni göstərən daha mürəkkəb bilik deməkdir.Konsetual bilik, bir növ,əlimizdə olan faktoloji biliklər arasındaha əlaqə yarada bilməyimizdir, terminologiya və spesifik faktlarla (faktoloji biliklə) müqayisədə bir növ daha geniş və mücərrəddir. Konseptual bilik iki və daha artıq deklarativ biliyin müqayisəsi, ümumiləşdirilməsi nəticəsində formalaşır. Bu bilik “nə?”, “nə üçün?” sualına cavab verən bilikdir [Эльконин;106].

∗Prosedural bilik bir şeyi necə etməklə bağlı, müəyyən bir tapşırığın icrasına lazım olan bilikdir.Bu bilikdə, adətən,ardıcıl şəkildə tətbiq olunan addımlar seriyası nəzərdə tutulur və bizim prosedur kimi təsvir etdiyimiz bacarıq, alqoritm, texnika və üsulları əhatə edir. Faktoloji və konseptual bilik “nə?” “nə üçün?” sualına cavab axtardığı halda, prosedural bilik “necə?” sualı ilə əlaqəlidir.Başqa sözlə, prosedural bilik müxtəlif proseslər haqqındakı biliyi əks etdirir.

Prosedural bilik müəyyən bir müddət sonra avtomatikləşə, yəni düşünülmədən birbaşa tətbiq oluna bilir. Bunun üçün təlim prosesində prosedural biliyin tətbiqini tələb edən çoxlu tapşırıqlar işləyərək şagirdlərdə bu vərdişi yaratmaq lazımdır.Prosedural biliklə bağlı geniş yayılmış səhv stereotip ondan ibarətdir ki, pedaqoqlar prosedural biliyi tətbiqetmə bacarığı kimi görürlər.

Tətbiqetmə zamanı prosedural bilik möhkəmlənir, lakin tətbiqetmə olmasa da, şagirdlər prosedural biliyə malik olurlar. Halbuki burada şagirdin biliyi tətbiq etmək bacarığına deyil (çünki tətbiq etmək fəaliyyətdir, bilik deyil, həmin biliyin tətbiqi yolları haqqındakı biliyin olmamasına diqqət edilməlidir[İbrahimov; 111].

∗ Metakoqnitiv bilik, ümumilikdə, idraki proseslər haqqındakı məlumatlılıqdır. Hansı öyrənmə nəzəriyyələrini dəstəkləmələrindən asılı olmayaraq bütün nəzəriyyəçilər təsdiq edir ki, şagirdlər idraki proses haqqında nə qədər çox məlumatlı olsalar, bir o qədər daha yaxşı öyrənə bilərlər. Burada söhbət həm idraki prosesləri bilməkdən, həm də bu cür proseslərə nəzarət etmək, onları tənzimləməkdən gedir.

Eyni zamanda metakoqnitiv bilik idraki tapşırıqların nədə və necə fayda verə biləcəyini göstərən bilikdir. Metakoqnitiv biliyə insanın özü haqqında məlumatlılığı da daxildir. Belə ki, insanının öyrənmə və idraki proseslər baxımından özünün güclü və zəif tərəflərini bilməsi onun metakoqnitiv biliyə sahib olduğunu göstərir[Əlizadə;59-64].

Metakoqnitiv bilikdə özü haqqında biliyə sahib olmaq vacib bir məqamdır, lakin burada daha vacib olan məsələ bu məlumatın dəqiqliyidir[Maksimum Tədris Mərkəzi; 50].

■ Arqumentlərin sırasında(U_7) – "Fəaliyyət və onun növlərinin təhsilin həyata keçirilməsi prosesinə daxil edilməsi və idrak, emosional-affektiv, psixomotor taksonomiyalardan faydalanma"nın da özünəməxsus yeri vardır.

Şagirdlərin akademik nailiyyətlərini yüksəltmək, onlarda tənqidi düşünmə və problem həlletmə kimi bacarıqların inkişafını təmin etmək, Yuxarı Təfəkkür Səviyyəsi(YTS) formalaşdırmaq baxımından təlim nəticələrinin taksonomiyasının öyrənilməsi təhsil sahəsində ən önəmli məsələlərdən biridir. Əksər insanlar öyrənmə deyərkən bu prosesi yalnız idraki fəaliyyətlə əlaqələndirirlər. Halbuki öyrənmə, inkişaf yalnız idraki sahə ilə deyil, eyni zamanda münasibət, davranış və fiziki bacarıqlarla da əlaqəlidir[Əlizadə;54-88].

İdraki fəaliyyət dünyanın, ətraf aləmin və özünün dərk edilməsi prosesdir, intellektual və düşünmə bacarığını etiva edir.Yada salmaq, dərk etmək, qavramaq, həyata keçirmək, müqayisə etmək, mühakimə yürütmək, əsaslandırmaq, qərarların qəbul edilməsi, müşahidələrdən nəticə çıxarmaq və s.idraki fəaliyyət hesab olunur.

∗ 2001-ci ildə Anderson və Krasvol tərəfindən İdraki sahəyə aid taksonomik təsnifat (aşağıdan yuxarıya "məkan etməklə(iyearxik düzülüş sxemi)" belədir: 1.Xatırlamaq; 2.Anlamaq; 3.Tətbiq etmək; 4.Təhlil etmək; 5.Dəyərləndirmək; 6.Yaratmaq. (İdraki sahənin orjinal variantı (1956-cı il) Benjamin Bluma aiddir. Onun təqdim etdiyi taksonomik düzülüş belədir:1.Bilik; 2.Anlama; 3.Tətbiq; 4.Təhlil; 5.Sintez; 6.Dəyərləndirmə). Həm əvvəlki (1956), həm də təkmilləşdirilmiş versiyada (2001) ilk üçlük (mərhələ) aşağı təfəkkür səviyyəsini, sonrakı üçlük (mərhələ) yuxarı təfəkkür səviyyəsini əhatə edir. Əvvəlki versiya ilə təkmilləşdirilmiş versiya arasında əsasən iki ciddi fərq vardır: 1.Təkmilləşdirilmiş versiyada mərhələlər əvvəlki variantdan fərqli olaraq, fellərlə verilmişdir. Bu, idraki fəaliyyəti daha aydın və ölçüləbilən edir. 2.Əvvəlki versiyada müvafiq olaraq 5-ci və 6-cı mərhələlərin yeri

dəyişilmiş, belə ki, Sintez (Yaratmaq) yüksək idraki fəaliyyət kimi ən üstdə yer almışdır[Maksimum Tədris Mərkəzi; 43-48].

∗Affektiv sahə hissləri, münasibətləri və emosiyaları ehtiva edir, həmçinin insanın özü üçün müəyyənləşdirdiyi gözləntilərdə, dəyərlərdə, daxili motivasiyasında, entuziazmında əks olunur. Affektiv sahənin mərhələləri belə bir iyearxik düzülüşlə(bu mərhələlər sadədən mürəkkəbə doğru inkişafı ehtiva etdirir) təqdim olunur:1.Qəbuletmə; 2.Cavabvermə; 3.Dəyərləndirmə; 4.Təşkiletmə; 5.Xarakterizəetmə.

∗Psixomotor sahə fiziki bacarıqlarla, yeni hərəkətlə əlaqəlidir.Bu sahə beş mərhələdən ibarətdir: 1.İmitasiya.Bu mərhələdə şagird bir hərəkəti müşahidə edir(vizual) və sonra onu təqlid edir.Bu təqlid kobud və qeyri-nümunəvi ola bilər və nəzərə almaq lazımdırki, bu, fiziki inkişafda ilk mərhələdir; 2.Manipulyasiya.Bu mərhələdə birbaşa müşahidə olmadan, yazılı və şifahi təlimatla hərəkətin fiziki icrası nəzərdə tutulur; 3.Dəqiqlik.Yazılı təlimatlardan və ya vizual modeldən asılı olmadan, başqalarının köməyi və ya müdaxiləsi olmadan müəyyən təcrübə ilə hərəkətləri müstəqil şəkildə yerinə yetirilməsini tələb edir.Hərəkəti yenidən icra etmək və səhvləri minimuma endirmək nəzərdə tutulur; 4.Artikulyasiya.Bu mərhələdə müxtəlif fəaliyyətləri birləşdirərək eyni zamanda müvafiq ardıcıllıq, dəqiqlik və sürətlə yerinə yetirməyi tələb edir, şagird bacarıq və ya məhsulu yeni vəziyyətlərə uyğunlaşdırmaq üçün dəyişdirir; 5.Təbiiləşmə.Hərəkətləri avtomatik, intuitiv və ya avtomatikləşmiş şəkildə yerinə yetirmək qabiliyyətidir.Başqa sözlə, şagird bir və ya bir neçə bacarığı asanlıqla yerinə yetirir, fiziki, həmçinin zehni gərginlik olmadan bu bacarığı avtomatik şəkildə həyata keçirir. Bu mərhələdə bacarıq artıq vərdişə çevrilmiş olur[Abbasov, Məmmədzadə, Məmmədli; 367-370],[Əlizadə; 54-88].

Tədqiqatın elmi-nəzəri yeniliyi. İlk dəfə olaraq pedaqoj hadisəyə, anlayışa riyazi təfəkkür işığında yanaşılmış, ““Təhsil 4.0”-a uyğun müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin keyfiyyəti”nin asılı dəyişən kəmiyyət-çoxdəyişənli mürəkkəb funksiya olması ideyası irəli sürülmüş və bu funksiyanı şərtləndirən (mövcud edən) arqumentlərə diqqət yönəldilmişdir.

Tədqiqatın praktik əhəmiyyəti. Praktik pedaqoqlar əməli fəaliyyətlərində tədqiqatın nəticələrindən faydalanmaqla ““Təhsil 4.0”-a uyğun müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin keyfiyyəti”ni arzuolunan səviyyədə yaxşılaşdırmaq baxımından elmi əsaslı dəstək ala biləcəklər.

Tədqiat prosesində əldə olunmuş materialları elmi idrakın forma və metodlarına adekvat şəkildə işləyərək aşağıda özünə yer alan nəticələrə gəlirik:

1. Sənaye inqilablarının çağrışlarına uyğun svilizasiya prosesi davamlı və mərhələli inkişafa malikdir, adekvat bazis və ustqrumlar formalaşır, çağdaş zaman kəsiyində mövcud olan “Texno-demokratik-informasiya cəmiyyəti” mövcuddur. Onun xüsusiyyətlərinə adekvat müasir ümumi təhsil sistemi mövcuddur və bu sistem daim təkmilləşdirilməklə daha modern hala gətirilməkdədir;

2. Bəşər təcrübəsinin paylaşılması prosesi kimi dərk olunan müasir ümumi təhsilin struktur elementləri məxsusi təbiətə malikdir, burada tam ilə hissə və hissələr arasında dialektik münasibətlər mövcuddur;

3. “Təhsil 4.0”-a uyğun müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin keyfiyyətliliyi asılı dəyişən kəmiyyətdir, funksiyadır (çoxdəyişənli mürəkkəb funksiyadır); bir çox məxsusi arqumentlərdən asılı olaraq dəyişir;

4. Müasir ümumi təhsilin həyata keçirilməsi prosesinin keyfiyyətliliyini şərtləndirən arqumentlər sırasında bunlar yer alır: XXI əsr kompetensiyalarına hədəflənmək; Təhsilalan mərkəzliliyə hədəflənmək; Təfəkkür növlərinin xüsiyyətlərinə istinad etmək; Şəxsiyyət növlərinin diqqət mərkəzində saxlanılması; Sinifdə sağlam psixo-sosial mühitin yaradılması; Bilik və onun növlərinin təhsilin həyata keçirilməsi prosesinə daxil edilməsi; Fəaliyyət və onun növlərinin təhsilin həyata keçirilməsi prosesinə daxil edilməsi; İdrak, emosional-affektiv, psixomotor taksonomiyalardan faydalanmaq.

Ədəbiyyat

1. Abbasov A.N., Məmmədzadə R.R., Məmmədli L.A. Pedaqogika: Müntəxəbat (Ali təhsil müəssisələri üçün dərs vəsaiti). Bakı: “Mütərcim”, 2021, 608 s.
2. Əlizadə Ə.Ə. Müasir Azərbaycan məktəbinin psixoloji problemləri. Bakı, “Pedaqogika”, 2004,432 s.
3. Metodika və pedaqogika(Yenilənmiş çərçivə sənədi əsasındavəsait) MİQ/Sertifikasiya.TAİM, Maksimum tədris mərkəzi,2024,182 s.
4. Mustafayev R.F. Fikir azaddır.Bakı, 2000, 326 s.
5. İbrahimov F.N., Hüseynzadə R.L.Pedaqogika (Dərslik). 2 cilddə,Icild.Bakı, “Mütərcim”, 2014, 708 s.
6. İbrahimov F.N.Təlim prosesi: imkan-hərəkət-yeni keyfiyyət. Bakı, “Mütərcim”,2002, 84 s.
7. Ibrahimov F.N. Təlimdə alqoritmik və evristik fəaliyyətin optimal nisbətlərinin əsaslarına dair oçerklər (monoqrafiya). Bakı: “Mütərcim”, 1998, 398 s.
8. Feyziyev C.Ə., İbrahimov F.N., Bədiyev S.R. Didaktika(Dərs vəsaiti).Bakı, “Mütərcim”, 2011, 626s.
9. Hristian K. Challenges and Opportunities for Education in the Fourth İndustrial Revolution // African Journal of Public Affairs, 2019, Vol 11, №3, pp.78-94.
10. Sari L., Arif S.The Roles of Digital Literacy, Technology Literacy, and Human Literacy to Encourage Work Readiness of Accounting Education Students in theFourth İndustrial Revolution Era// International Conference on Economics, Education, Business and Accounting, 2019.
11. Priya S.Digital Revolution of Education 4.0// International Journal of Engineering and Advanced Technology (İJEAT), 2019, Vol9, №2, pp.58-64.
12. Mascheroni G., Olafsson K. The mobil internet: Access, use, opportunities and dividies among European children// New media and Society, 2016, Vol 18, №8, pp.57-79.
13. Ercan Ö. Egitimde Yeni Yönelimlerin Degerlendirilmesi ve Egitim 4.0//Universite Araşdırmaları Dergisi, 2018, Vol 1, №1, pp.25-30;
14. Ling Li. Educattion supply shain in the era of İndustry 4.0// System Research and Behavioral Science. 2020, Vol 37, №4, pp.579-592.
15. Эльконин Д.В. Возрастные возможности усвоения знаний. М., «Просвещение»,1996.

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ СУЧАСНОЇ ОСВІТНЬОЇ МОДЕЛІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДГОТОВКИ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ ІТ-ФАХІВЦІВ

Оксамитна Любов
к. т. н., доцент,
Кафедра комп'ютерних наук та системного аналізу
Черкаський державний технологічний університет м. Черкаси, Україна

Системне та логічне уявлення сутності системи підготовки майбутніх ІТ-фахівців до професійної діяльності на засадах триєдиної основи формування нової освітньої моделі вимагає моделювання цього процесу як сукупності взаємопов'язаних складових.

Сьогодні, в сучасній вищій освіті триєдиною основою формування нової освітньої моделі виступають студентоцентрований, результато-орієнтований та компетентнісний підходи.

Студентоценрований підхід передбачає: переміщення уваги з «викладання» на «навчання» із центруванням на здобувачі вищої освіти; зміну ролі викладача з «передавача знань» на навчального консультанта, наставника; концентрацію на мотиваційних і соціальних аспектах навчання; сприяння самостійно організованому і активному навчанню з орієнтацією на цілі та результати; розробку індивідуальної стратегії навчання [1].

Безумовно, студентоцентрований підхід до навчання виступає основою організації якісного освітнього процесу в закладі вищої освіти (ЗВО) та обов'язковою складовою в наданні якісних освітніх послуг.

За останні роки досить актуальною та поширеною стала концепція «студентоцентрованого підходу до навчання», метою якої є забезпечення максимального професійного розвитку здобувачів вищої освіти та їх успішне працевлаштування, як на території України, так і за кордоном. Звісно, зараз український ІТ-ринок відчуває дефіцит фахівців даної галузі. Особлива зацікавленість провідних ІТ-компаній сьогодні спрямована на створення інтелектуальних інформаційних систем (ІІС), систем підтримки прийняття рішень (СППР) на базі штучного інтелекту, комп'ютерне моделювання в поєднанні з науковими напрацюваннями в сфері управління ІТ-проєктами. Отже, студентоцентрований освітній процес стає вагомим чинником забезпечення якості освіти для надання якісних освітніх послуг, де здобувач вищої освіти є центральною фігурою освітнього простору ЗВО, головним замовником якісних освітніх послуг, який самостійно обирає власну освітню траєкторію та несе відповідальність за навчальні досягнення [2].

Результато-орієнтований підхід концентрується на чіткому визначенні кінцевих цілей навчання та визначає критерії успішності ЗВО за реально набутими знаннями та вміннями.

Результато-орієнтований підхід – це спосіб організації роботи чи навчання, за якого головна увага приділяється не самому процесу або витраченому часу, а конкретному, вимірюваному кінцевому результату.

Результато-орієнтований підхід у сучасній вищій освіті зосереджується на формуванні конкретних знань, умінь і навичок, які ЗВО може застосувати на практиці.

Сутність результато-орієнтованого підходу:

– орієнтація на кінцевий результат: навчання фокусується не на заучуванні теорії, а на здатності вирішувати реальні професійні завдання;

– формування компетентностей: ЗВО здобувають ключові та предметні навички, необхідні на ринку праці;

– студентоцентризм: процес передбачає активну самоосвіту, розвиток критичного мислення та самостійність ЗВО.

Компетентнісний підхід – це один із трьох основних підходів, на яких ґрунтується сучасна система освіти України. Компетентнісний підхід – це підхід, за якого формуються ключові компетентності ЗВО як особистісно набутий досвід. У такому випадку компетентість – це усвідомлене особистісне знання, усвідомлена цінність власної пізнавальної діяльності та відповідальності за її результат. Компетентість характеризується як здатність особи діяти в проблемних ситуаціях, коли потрібно додатково шукати засоби та нову інформацію й приймати неординарні рішення.

Сутність компетентнісного підходу:

– орієнтує навчальний процес на формування практичних навичок;

– забезпечує готовність фахівця застосовувати здобуті знання в реальних життєвих та професійних ситуаціях.

Сучасні дослідження свідчать про те, що модернізація системи вищої освіти України здійснюється на засадах компетентнісного підходу, який передбачає орієнтацію освітнього процесу на формування практичної готовності фахівця до професійної діяльності, в тому числі й ІТ-фахівців, розроблення модульних програм навчання та використання діяльнісно-орієнтованих технологій.

Заклади вищої освіти відіграють визначальну роль в підготовці висококваліфікованих ІТ-фахівців, а ефективність їх підготовки залежить від рівня організації освітнього процесу та професійності науково-педагогічних працівників.

У контексті сучасної вищої освіти креативність, незалежність, універсальність, співпраця та здатність керувати часом – це саме ті риси майбутніх висококваліфікованих ІТ-фахівців, які бажають бачити потенційні роботодавці.

Студентоцентрований освітній процес стає вагомим чинником забезпечення якості освіти для надання якісних освітніх послуг, де здобувач вищої освіти є центральною фігурою освітнього простору ЗВО, головним замовником якісних освітніх послуг, який самостійно обирає власну освітню траєкторію та несе відповідальність за навчальні досягнення.

Список використаних джерел

1. Кулага І. В. Роль компетентнісного підходу в системі студентоцентрованої освіти / І. В. Кулага, В. Є. Турчанінова // Студентоцентризм у системі забезпечення якості освіти в економічному університеті : зб. матеріалів Всеукр. наук.-метод. конф. за міжнар. участю, (Київ, 2–3 берез. 2016 р.) / М-во освіти і науки України, ДВНЗ «Київ. нац. екон. ун-т ім. В. Гетьмана» ; редкол.: А. М. Колот, Т. В. Гуть. Київ : КНЕУ, 2016. С. 47–48.
2. Оксамитна Л.П. Модель забезпечення підготовки висококваліфікованих ІТ-фахівців на основі студентоцентрованого підходу до навчання. Матеріали всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації «Розвиток загальних і професійних компетентностей викладача ЗВО», 26 січня – 8 березня 2026 року. Львів – Торунь : Liha-Pres, 2026. С. 173 – 176.

UDC 004.056:004.5

GRAPH MODELING OF COMMUNICATION SYSTEMS RESILIENCE TO COMPLEX DOS ATTACKS

Palamarchuk Myroslav
2nd-year cadet
ORCID ID: 0009-0009-0114-4982
Bevz Oleksandr
2nd-year cadet
Martynenko Mykyta
2nd-year cadet
Kozuliak Illia
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. The resilience of modern communication systems is continuously challenged by the increasing scale and sophistication of Denial of Service (DoS) attacks. Traditional defensive mechanisms primarily focus on volumetric traffic analysis at the network perimeter. While effective against basic flooding techniques, these methods often lack spatial awareness regarding the internal topology of the infrastructure. Consequently, defenders may struggle to predict how the failure of a single internal routing component will cascade through the entire network.

Recent advancements in botnet capabilities allow attackers to execute structurally aware attacks. Instead of blindly sending maximum traffic to a public IP address,

sophisticated adversaries map the internal routing topology and target specific links or nodes that act as structural bridges. Graph theory provides a robust analytical framework for addressing this critical defensive gap. By representing a communication system as a mathematical graph, security engineers can visualize and quantify the structural vulnerabilities of their infrastructure. This paper explores the application of graph modeling to simulate network resilience, utilizing Python based data analysis tools to proactively identify and mitigate topological weaknesses before they can be exploited.

Theoretical Foundations of Graph Based Network Modeling. In graph modeling, a communication network is abstracted into two primary components. The nodes represent active network devices such as routers, switches, and endpoint servers. The edges represent the physical or logical communication links connecting these devices. This abstraction allows analysts to evaluate the network using established structural metrics rather than relying solely on bandwidth utilization statistics.

To assess the vulnerability of specific network components, analysts utilize centrality measures. These measures are computed without complex mathematical formulas in our application, relying instead on programmatic functions that evaluate the following operational impacts:

- Degree Centrality: Measures the total number of direct connections a specific node has. A node with a high degree is a central hub.
- Betweenness Centrality: Evaluates how often a node acts as a critical bridge along the shortest path between two other nodes.
- Closeness Centrality: Determines how quickly information can spread from one node to all other nodes in the network based on distance.
- Eigenvector Centrality: Measures a node's influence based on the connectivity of its neighbors. A node connected to other highly connected nodes receives a higher score.

Nodes with high betweenness centrality are structural bottlenecks. If a targeted DoS attack overwhelms these specific nodes, the network may fracture into isolated segments. This causes a massive communication failure even if the overall traffic volume remains relatively low compared to traditional volumetric attacks.

Mathematical Abstraction and Network Degradation. To quantify resilience, we must define how network degradation is measured during an attack. We use a simplified text based mathematical approach to represent the network state. The network is defined as a collection of nodes and edges. The initial state of the network has a maximum number of active communication paths.

When a DoS attack successfully disables a node, that node and all its connected edges are removed from the network collection. The system then calculates the "Largest Connected Component". This represents the largest subset of nodes that can still communicate with each other. The resilience score is defined as the size of the Largest Connected Component after the attack divided by the total number of nodes before the attack. A score of 1.0 means the network is fully operational, while a score approaching 0.0 indicates total network fragmentation.

Table 1.Stages of Network Degradation Under Targeted DoS Attacks

Degradation Stage	Attack Focus	Topological Impact	System Functionality
Initial Reconnaissance	Ping sweeps and traceroutes.	None. Attackers map the network graph.	100 percent operational.
Edge Flooding	Targeting low bandwidth peripheral links.	Peripheral nodes isolated.	Core network remains unaffected.
Hub Exhaustion	Volumetric attack on nodes with high Degree Centrality.	Central routing tables overload.	Localized outages requiring redundant failover.
Bridge Collapse	Targeted application layer attack on nodes with high Betweenness.	Network fractures into disconnected subgraphs.	Critical failure. Subnets cannot communicate.

3. Simulating Complex DoS Attacks on Network Topologies To evaluate system resilience practically, security teams must simulate targeted DoS conditions against the modeled infrastructure. A prominent example of a structurally aware attack is the "Crossfire" attack. In this scenario, adversaries deploy a botnet to generate seemingly legitimate, low intensity traffic flows between various decoy servers. However, these traffic flows are mathematically calculated to intersect at a specific, critical internal routing link.

By utilizing Python libraries such as NetworkX, engineers can programmatically replicate these conditions. The simulation script identifies the nodes with the highest betweenness centrality and removes them sequentially. After each removal, the script recalculates the shortest paths for all remaining nodes. This simulates how traffic reroutes in real time during an attack. Often, the rerouted traffic overloads secondary nodes, causing a cascading failure effect that brings down the entire network infrastructure.

4. Visual Representation of Topological Fracturing To better understand the impact of bridge collapse, we can utilize a structural diagram. Below is a text based schematic demonstrating how a network fractures when a high betweenness node is compromised.

5. Automated Mitigation via Software-Defined Networking (SDN) The integration of graph based resilience models with Software-Defined Networking provides a robust mechanism for automated threat mitigation. Traditional routing protocols, such as OSPF or BGP, react slowly to sudden topology changes caused by targeted resource exhaustion. They rely on localized updates that can take precious seconds or minutes to propagate.

In contrast, an SDN controller maintains a centralized, real time view of the entire network graph. When the analytical dashboard detects that a node with high betweenness centrality is failing under a DoS load, the SDN controller can dynamically rewrite flow tables across all connected switches simultaneously.

This programmable approach allows the infrastructure to instantly reroute traffic along suboptimal but available paths, completely bypassing the congested bottleneck.

By translating graph metrics directly into automated SDN routing policies, organizations transition from passive topological analysis to active network reconfiguration. This synergy ensures continuous service availability and minimizes downtime.

Table 2. Traditional Routing vs. Graph-Aware SDN Routing under DoS Conditions

Feature	Traditional Routing (OSPF/BGP)	Graph-Aware SDN Architecture
Topology View	Localized and fragmented.	Centralized global graph matrix.
Reaction Time	Slow. Depends on update propagation.	Near instantaneous flow table updates.
Path Selection	Based on static link costs.	Dynamic routing based on real-time node centrality.
Bottleneck Handling	Traffic drops until route recalculation.	Preemptive traffic shaping away from targeted nodes.

Conclusions Graph modeling represents a critical evolution in the proactive defense of communication systems against complex DoS attacks. By shifting the analytical focus from mere traffic volume to structural topology, organizations can identify hidden bottlenecks that traditional security appliances overlook. The mathematical abstraction of networks allows for precise simulations of cascading failures and bridge collapses.

Furthermore, the integration of Python, NetworkX, and Streamlit enables the creation of dynamic, accessible simulation environments that democratize advanced network analysis. When these analytical tools are coupled with the automated capabilities of Software-Defined Networking, organizations can achieve a self healing infrastructure. Ultimately, understanding the mathematical structure of a network empowers security teams to design inherently resilient architectures capable of withstanding the most sophisticated, structurally aware cyber disruptions.

References

1. Newman, M. (2018). Networks (2nd ed.). Oxford University Press.
2. Menczer, F., Fortunato, S., & Davis, C. A. (2020). A First Course in Network Science. Cambridge University Press.
3. Needham, M., & Hodler, A. E. (2019). Graph Algorithms: Practical Examples in Apache Spark and Neo4j. O'Reilly Media.
4. Python Software Foundation. (2026). NetworkX Documentation: Network Analysis in Python.
5. Smith, M. (2023). Interactive Data Visualization with Streamlit: Build and deploy powerful data apps in Python. Packt Publishing.
6. Nadeau, T. D., & Gray, K. (2013). SDN: Software Defined Networks. O'Reilly Media.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ У ЗАВДАННЯХ СТРУКТУРУВАННЯ OSINT-ПРОФІЛІВ ДЛЯ ПОТРЕБ ОПЕРАТИВНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Кришталь Єгор Євгенійович
курсант
Навчально-науковий інститут № 4
Левандович Олександра Володимирівна
здобувачка вищої освіти
Навчально-науковий інститут № 5
Лучик Світлана Дмитрівна
доктор економічних наук, професор
Кафедра інформаційних систем і технологій
Харківський національний університет внутрішніх справ, Україна

Анотація. Здійснюється порівняння ефективності великих мовних моделей (GPT-4, Claude, Llama 3) у завданнях Named Entity Recognition та структурування OSINT-профілів для потреб оперативно-розшукової діяльності (ОРД). Дослідження описує архітектуру RAG як основний метод мінімізації галюцинацій при аналізі оперативних даних, методологію Few-Shot промптингу для генерації JSON-меморандумів і правові умови, за яких LLM-звіт може використовуватися у кримінальному провадженні. Визначено критичну вимогу OPSEC щодо розгортання локальних open-source моделей замість хмарних API.

Ключові слова: LLM, Named Entity Recognition, NER, RAG, Few-Shot промптинг, GPT-4, Claude, Llama 3, OSINT-профіль, галюцинації, OPSEC, оперативно-розшукова діяльність, Human-in-the-Loop.

Вступ. Після типового OSINT-збору оперативник отримує не профіль — він отримує хаос. П’ятдесят дописів з Telegram-каналу, десяток скріншотів з форумів, кілька вивантажень з відкритих реєстрів — і жодної структури. Перетворення цього масиву на читабельний меморандум «ПІБ — локації — зв’язки — криптогаманці —криптогаманці» займає годину ручної роботи. Саме цю годину і пропонують скоротити великі мовні моделі.

Технічна можливість вже підтверджена: Автори [1] встановили, що трансформація NER із задачі маркування у генеративну задачу дозволяє GPT-4 стабільно досягати F1=0,83 на стандартному бенчмарку CoNLL2003 без жодного додаткового навчання [1]. У роботі [2] продемонстровано, що GPT-4o при структурованому JSON-промпті досягає F1=0,93 на корпусі новинніх текстів зі слов’янськими іменами. Це особливо релевантно для україно- та російськомовного оперативного матеріалу. Водночас правові та організаційні умови застосування LLM в ОРД залишаються в українській науці практично не дослідженими.

Мета дослідження. Мета дослідження — оцінити порівняльну ефективність GPT-4, Claude і Llama 3 у завданнях NER і структурування OSINT-профілів, розробити методологію промптингу для генерації оперативних меморандумів і визначити правові умови використання LLM-результатів у кримінальному провадженні. У межах дослідження плануємо порівняти моделі за F1-показником на релевантних типах сутностей, описати RAG-архітектуру як метод мінімізації галюцинацій і завершити аналізом вимог OPSEC щодо хмарних і локальних рішень.

Результати дослідження та їх обговорення. Порівняння NER-можливостей LLM. Для потреб OSINT-профілювання критичними є п’ять класів сутностей: PERSON (ПІБ), ORG (організації), LOC (локації), DATE (дати), WALLET (криптогаманці). На відміну від спеціалізованих NER-моделей (SpaCy, BERT-finetuned), які потребують розмічених навчальних даних на мові і домені цільового тексту, LLM виконують цю задачу у zero-shot або few-shot режимі — без будь-якого підготовчого тренування на оперативних корпусах. Автори [1] стверджують, що GPT-NER досягає F1, порівнянний з повністю навченими базовими моделями. Автори публікації [3] на порівняльному бенчмарку шести систем фіксують, що LLM загалом перевершують класичні NLP-інструменти (NLTK, spaCy, Stanza) у розпізнаванні контекстно-залежних сутностей. Разом із тим усі три дослідження одностайні в одному: структурований вихідний формат (JSON замість вільного тексту) суттєво підвищує точність екстракції — і саме тому промптинг є не допоміжним елементом, а визначальним фактором результату.

RAG-архітектура як антигалюцинаційний запобіжник. Головна небезпека LLM в оперативному контексті — галюцинації: модель може «впевнено» сформулювати зв’язок між сутностями, якого немає у вихідних даних, або вигадати адресу. Retrieval-Augmented Generation (RAG) усуває це через архітектурне обмеження: модель отримує доступ виключно до переданого масиву OSINT-документів і жорсткого системного промпту «Аналізуй лише наданий текст, не використовуй власні знання» [4]. Автори встановили, що навіть RAG-системи зберігають залишковий рівень галюцинацій і потребують «multi-source verification». Для ОРД це означає: RAG знижує ризик до прийнятного рівня, але не усуває його — і саме тому принцип Human-in-the-Loop є не рекомендацією, а обов’язковою умовою.

Few-Shot промптинг: структура оперативного запиту. Структурований динамічний промптинг із прикладами підвищує середній F1 GPT-4 на 12% порівняно з базовим статичним промптом [5]. Для оперативного меморандуму ефективний промпт будується за схемою Few-Shot: системна роль («Ти — аналітик ОРД, не використовуй власних знань») → один-два приклади бажаного виходу → цільовий масив даних → вимога до формату виходу. Формат виходу критичний: JSON із фіксованими ключами ‘ПІБ’, ‘Локації’, ‘Організації’, ‘Криптогаманці’, ‘Зв’язки’, ‘Оцінка достовірності (1–10)’ унеможливлює вільне формулювання і змушує модель дотримуватися заданої структури. Варто

враховувати неочевидну технічну перешкоду: під час обробки великих масивів даних (понад 100 документів) модель часто «губить» сутності в середині контекстного вікна — це явище відоме в інженерії як lost-in-the-middle. Щоб обійти це обмеження, вхідний масив необхідно програмно фрагментувати (чанкувати) на порції по 15–20 документів із подальшим автоматичним злиттям JSON-результатів.

Правові умови та вимоги OPSEC. LLM-меморандум не є самостійним доказом — це аналітичний матеріал. Первинними доказами залишаються скріншоти, логи і вивантаження, подані моделі на вхід. LLM-звіт набуває процесуального статусу лише після підпису оперативного працівника (рапорт або аналітична довідка) відповідно до концепції Human-in-the-Loop і ст. 99, 252 Кримінального процесуального кодексу (КПК) України [6]. Оперативник несе особисту відповідальність за достовірність кожного твердження у підписаному документі — незалежно від того, яка модель його сгенерувала. Окремою і критичною є вимога OPSEC: передача оперативних даних (імен, адрес, номерів телефонів) через API на сервери OpenAI або Anthropic у США є неприйнятною з точки зору інформаційної безпеки. Еталоном для реальної ОРД є розгортання open-source моделей (Llama 3, Mistral) на локальних закритих серверах МВС — без будь-якої передачі даних за межі відомчої мережі, що відповідає вимогам Закону України «Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах» від 05.07.1994 № 80/94-ВР [7].

Висновки. LLM перетворює годину ручного структурування OSINT-масиву на хвилини машинного аналізу. Це не є перебільшення, а виміряний результат, підтверджений F1-показниками GPT-4 і Claude на релевантних бенчмарках. Але швидкість не замінює відповідальності: кожне твердження меморандуму підписує оперативник, а не модель.

Застосування архітектури RAG у поєднанні зі структурованим Few-Shot промптингом є не просто технічною опцією, а обов’язковою умовою для отримання надійного меморандуму. RAG жорстко обмежує модель лише наданим масивом, мінімізуючи галюцинації, тоді як фіксований JSON-промпт унеможливлює довільне формулювання відповідей і гарантує машиночитний вихід, придатний для подальшої автоматизованої обробки.

Принципова межа між прийнятним і неприйнятним проходить не по якості моделі, а по місцю її розгортання. Хмарний GPT-4 і локальний Llama 3 можуть давати порівнянні результати — але лише другий відповідає вимогам OPSEC для реальної ОРД. Це організаційне рішення, яке не можна замінити жодними технічними засобами шифрування трафіку.

Єдиним процесуальним містком між LLM-меморандумом і матеріалами кримінального провадження є підпис оперативного працівника і відповідний рапорт. Без цього LLM-звіт залишається внутрішнім аналітичним документом — корисним, але позапроцесуальним.

Список використаних джерел

1. Wang, S., Sun, X., Li, X., Ouyang, R., Wu, F., Zhang, T., Li, J., Wang, G.& Guo, Ch. GPT-NER: Named Entity Recognition via Large Language Models // Findings of NAACL. – 2025. – arXiv:2304.10428. DOI: 10.18653/v1/2025.findings-naacl.239.
2. Levchenko M. Evaluating Named Entity Recognition Models for Russian Cultural News Texts: From BERT to LLM // arXiv. – 2025. – arXiv:2506.02589.
3. Latifi P. IS 'HOPE' A PERSON OR AN IDEA? A Pilot Benchmark for NER: Comparing Traditional NLP Tools and Large Language Models on Ambiguous Entities // arXiv. – 2025. – arXiv:2509.12098.
4. Magesh V., Surani, F.& Dahl, M. Hallucination-Free? Assessing the Reliability of Leading AI Legal Research Tools // arXiv. – 2025. – arXiv:2405.20362.
5. Chew N., Guo Yu., Das, S. & Sarker, A. Improving Few-Shot Named Entity Recognition for Large Language Models Using Structured Dynamic Prompting with Retrieval Augmented Generation // npj Artificial Intelligence. – 2026. – DOI: 10.1038/s44387-025-00062-2.
6. Кримінальний процесуальний кодекс України від 13.04.2012 № 4651-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4651-17 (дата звернення: 16.06.2026).
7. Про захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах : Закон України від 05.07.1994 № 80/94-ВР [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80/94-вр (дата звернення: 16.06.2026).

API TESTING IN POSTMAN AS AN INTERMEDIATE LEVEL BETWEEN UNIT AND E2E TESTING IN A SOFTWARE TESTING COURSE

Kalashnyk Valerii
Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2345-4377
Astistova Tetiana
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8452-4797
Department of Computer Engineering and Electromechanics
Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

Abstract. The paper substantiates the methodological role of API testing in Postman as an intermediate level between isolated Unit tests and browser-based End-to-End (E2E) verification in a software testing course. The approach is demonstrated using the Simple Booking System educational project, in which the same business functionality is successively examined at three levels: internal service logic, HTTP/REST interaction, and complete user scenarios. Postman is considered not only as an HTTP client but also as a learning environment for analysing request structure,

status codes, headers, JSON responses, assertions, variables, and collection-based regression checks. A three-level traceability model is proposed to connect a business requirement with Unit, API, and E2E evidence. The model helps students distinguish defects of isolated logic from integration failures and user-interface problems, while reducing the diagnostic uncertainty that arises when only Unit or E2E checks are used. The educational value of the approach lies in developing systems thinking, understanding client-server interaction, and forming a gradual transition from local code verification to end-to-end quality assessment.

Keywords: API testing, Postman, Unit testing, End-to-End testing, REST, HTTP, Simple Booking System, software testing education, QA, SDET.

Introduction. Modern web applications are multi-level systems in which business logic, REST interfaces, databases, and user interfaces interact continuously. A defect observed by the user may originate in a local calculation, an incorrect HTTP contract, serialization of data, authorization, or the interface itself. Therefore, teaching software testing only through isolated Unit checks or only through browser scenarios creates a gap in understanding the actual client-server interaction.

In the “Software Testing Technologies” course, this gap is addressed by a sequence of testing levels. Unit testing with Jest isolates a component and verifies local business logic; API testing examines how components communicate through HTTP and REST; E2E testing with Cypress checks the complete user path in a browser. The API level is strategically placed between the other two because it preserves access to real server behaviour while avoiding the additional variability of the graphical interface [1].

The course presents an API as a digital contract between independently developed parts of a system. In the Simple Booking System (SBS), the frontend should not depend on implementation details of NestJS services or the database. It depends on endpoints, request parameters, status codes, headers, and JSON structures. Postman enables students to work directly with this contract and observe whether the server behaves according to the expected rules [1]. The educational problem is that students often interpret testing levels as unrelated tools: Jest for code, Postman for “sending requests”, and Cypress for clicking through pages. Such fragmentation reduces the ability to diagnose failures. A more useful approach is to connect all three levels with the same requirement and show how each level answers a different verification question. Postman then becomes a bridge between internal implementation and user-visible behaviour rather than an isolated laboratory instrument.

Aim and objectives of the study. The aim of the study is to substantiate a methodological approach in which API testing in Postman functions as an intermediate verification level between Unit and E2E testing in a software testing course. The objectives are to define the educational role of each testing level; to connect the levels through one SBS business requirement; to determine the types of evidence produced by Postman; to propose a traceability model for diagnosing failures; and to identify the educational advantages and limitations of the approach. Materials and methods. The methodological basis is the sequence used in the “Software Testing Technologies” course and its laboratory practice. Lecture 8 introduces HTTP, REST, status codes,

JSON, API contracts, and Postman, while Laboratory Work 8 requires students to create requests, analyse responses, inspect network characteristics, and identify defects in the SBS API. Lecture 9 and Laboratory Work 9 extend the same collection with JavaScript assertions, environment variables, JSON Schema validation, and chained scenarios [1].

The object of analysis is a simplified booking scenario. The business requirement is formulated as follows: an authenticated user should be able to create a booking for an available room and receive a confirmed result containing a booking identifier. The same requirement is examined at three levels. At the Unit level, the booking service is tested in isolation with controlled dependencies. At the API level, a POST request is sent to the booking endpoint and the HTTP contract is verified. At the E2E level, the user performs the booking through the browser and receives a visible confirmation.

The methodological principle is not to duplicate the same test three times. Instead, each level is assigned a distinct verification responsibility. Unit tests answer whether the internal rule works under controlled conditions. API tests answer whether the server exposes the rule correctly through the contract and integrates the necessary components. E2E tests answer whether the user can successfully complete the business process. This distribution corresponds to the idea of obtaining fast feedback at lower levels while reserving browser scenarios for integrated user behaviour [3].

Table 1. Educational role of Unit, API, and E2E testing in the SBS course.

Testing level	**Primary object**	**Typical evidence**	**Educational role**
Unit (Jest)	Service or function in isolation	Returned value, exception, mock interaction	Understand local business logic and isolation
API (Postman)	HTTP/REST contract and server integration	Status code, headers, JSON, schema, assertions	Connect internal logic with client-server interaction
E2E (Cypress)	Complete browser-based user scenario	Visible state, navigation, final business result	Confirm user-visible integrity of the system

At the API level, the student first performs a manual contract check. For a booking creation request, the test includes the HTTP method, endpoint, authorization data, request body, expected status code, and response structure. The response is analysed not only as “successful” or “failed”. A 4xx status indicates a problem with the request, permissions, or input data, whereas a 5xx status indicates a server-side failure that requires another diagnostic direction. This develops the ability to localize defects before the browser layer is involved [1].

The next step is automation inside Postman. Assertions verify the status code, the presence and type of the booking identifier, expected business fields, and response time when such a criterion is relevant. Variables allow one request to provide data for another request, while environments separate the test logic from physical addresses and

configuration values. Collection Runner turns individual requests into a repeatable regression sequence. These elements transform Postman from a manual HTTP client into a lightweight automation environment [2].

A key methodological element is inter-level traceability. Each business requirement receives a common identifier, and the student records which evidence exists at Unit, API, and E2E levels. For example, requirement BR-BOOK-01 may be linked to a Jest specification for booking validation, a Postman request that verifies POST /bookings, and a Cypress scenario that confirms the booking through the interface. If the E2E scenario fails while the API request succeeds, investigation can focus on the frontend or browser integration. If both API and E2E checks fail but the Unit test passes, the likely problem is located in integration, persistence, routing, validation, or the external contract rather than in the isolated calculation.

Research results and discussion. The first result is the proposed three-level educational model in which Postman acts as a diagnostic bridge. It reduces the conceptual distance between a Unit test that knows internal implementation details and an E2E test that sees only the final user behaviour. At the API level, students work with observable technical evidence: method, URL, headers, status code, body, timing, and assertion result. This evidence is sufficiently close to the system architecture for technical diagnosis and sufficiently independent of the UI for stable repeated execution.

The second result is the separation of failure domains. A Unit failure usually indicates an error in local logic or an incorrect assumption about a dependency. An API failure may reveal routing errors, invalid validation rules, serialization problems, incorrect status codes, missing authorization, or inconsistent JSON structures. An E2E failure may additionally arise from selectors, navigation, page state, client-side logic, or browser synchronization. Teaching this classification helps students avoid reporting every failed browser test as an application defect.

The third result is the concept of progressive verification of one business requirement. Students do not start from the most complex browser scenario. They first confirm the isolated rule, then confirm the HTTP contract, and only after that verify the complete user path. This sequence supports faster feedback and more precise localization. It also shows why a successful Unit test does not prove that a feature is accessible through the API, and why a successful API response does not prove that the user can complete the process through the interface. The fourth result concerns the role of Postman collections as reusable educational artefacts. Laboratory Work 8 creates the initial workspace and collection; Laboratory Work 9 enriches the same requests with assertions, environments, JSON Schema checks, and dynamic chains [2]. This continuity is methodically important because students observe the transformation of a manual request into an automated regression asset instead of creating unrelated examples for every topic.

The approach also supports the formation of SDET-oriented competence. The student moves from execution of requests to programmable verification, parameterization, contract analysis, and interpretation of failures. This progression links testing practice with JavaScript, HTTP, REST, JSON, client-server architecture, and test

automation. Postman therefore becomes not merely a tool to “check the backend” but an environment for understanding how software components exchange information.

The proposed model has limitations. API testing cannot replace Unit testing because many boundary conditions and algorithmic branches are more efficiently verified in isolation. It also cannot replace E2E testing because a correct server contract does not guarantee that the browser interface is usable or that the complete user journey is successful. The value of the API level lies precisely in its intermediate position: it narrows diagnostic uncertainty and provides fast integration feedback before the full E2E scenario is executed.

Conclusions. API testing in Postman can be effectively used as an intermediate educational level between Unit and E2E verification. In the proposed model, Unit tests validate isolated business logic, Postman verifies HTTP/REST contracts and server integration, and Cypress confirms the complete user-visible scenario. Connecting these levels through the same SBS business requirement creates a traceable verification chain and allows students to distinguish different failure domains.

The methodological role of Postman is determined by its ability to expose technical evidence that is hidden from a browser-level scenario but unavailable in an isolated Unit test. Status codes, headers, JSON structures, assertions, variables, environments, and collection runs form a compact set of instruments for analysing client-server interaction. The transition from manual requests to automated collections develops systems thinking and supports the gradual formation of QA/SDET competencies. Further development of the approach may include integration of Postman collections into CI pipelines and comparison of diagnostic efficiency across different testing levels.

References

1. Kalashnyk, V. Yu. (2026). Tekhnolohii testuvannia prohramnoho zabezpechennia: Konspekt lektsii dlia zdobuvachiv vyshchoi osvity spetsialnosti F3 “Kompiuterni nauky” [Software Testing Technologies: Lecture notes for higher education students majoring in F3 “Computer Science”]. Kyiv National University of Technologies and Design. 241 p.
2. Kalashnyk, V. Yu. (2026). Tekhnolohii testuvannia prohramnoho zabezpechennia: Metodychni vkazivky do vykonannia laboratornykh robit [Software Testing Technologies: Guidelines for laboratory works]. Kyiv National University of Technologies and Design. 67 p.
3. Westerveld, D. (2021). API Testing and Development with Postman: A Practical Guide to Creating, Testing, and Managing APIs for Automated Software Testing. Packt Publishing. ISBN: 978-1800569202.
4. Postman, Inc. (2026). Postman Learning Center: API testing, scripts, collections, and environments. https://learning.postman.com/docs/introduction/overview/
5. Fielding, R. T. (2000). Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. Doctoral dissertation, University of California, Irvine.
6. ISO/IEC/IEEE 29119-1:2013. Software and systems engineering — Software testing — Part 1: Concepts and definitions. International Organization for Standardization.

АРХІТЕКТУРА МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ DEEPFAKE-АТАК У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЦІЛЬОВОГО ФІШИНГУ В КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖАХ

Перкатий Ілля
курсант 2-го курсу
Сунко Артем
курсант 2-го курсу
Процків Анатолій
курсант 2-го курсу
Тімій Богдан
курсант 2-го курсу
ННІ№4
Островерхий Володимир
викладач
Кафедра протидії кіберзлочиності
Харківський національний університет внутрішніх справ, Україна

Анотація. У роботі запропоновано гібридну архітектуру виявлення дипфейків під час синхронних сеансів зв'язку. Метод базується на комплексному аналізі фотоплетизмографічних сигналів, акустичних аномалій спектра голосу та перевірці фаз криптографічної Zero-Trust аутентифікації. Запропоноване рішення дозволяє зменшити рівень хибнопозитивних спрацьовувань до 1,8 відсотка при затримці обробки потоку не більше 120 мілісекунд. Ключові слова: кібербезпека, цільовий фішинг, deepfake, rPPG, соціальна інженерія, Zero Trust, біометрична аутентифікація.

Еволюція засобів штучного інтелекту призвела до виникнення нової загрози у сфері соціальної інженерії - синтезу голосу та відео в реальному часі. Сучасні атаки типу Business Email Compromise та цільовий фішинг дедалі частіше використовують генеративні нейромережі для імітації топменеджменту чи системних адміністраторів під час відеодзвінків та аудіосесій. Існуючі засоби аналізу медіаконтенту розраховані переважно на постобробку статичних файлів і показують високу затримку понад дві секунди та низьку точність у разі високого стиснення трафіку сучасними кодеками. Це робить традиційні системи виявлення непридатними для захисту ділових комунікацій у режимі реального часу.

Сучасні методи детекції синтезованого відео спираються на аналіз артефактів блимання очей, невідповідності меж обличчя та аналізу спектрограм голосу, проте зловмисники компенсують ці недоліки за допомогою генеративно-змагальних мереж нового покоління та дифузійних моделей. Метою дослідження є розробка та апробація мультимодального методу детекції підробленого аудіо- та відеопотоку у реальному часі, який інтегрується на рівні кінцевих точок або корпоративних шлюзів відеоконференцій.[1]

Для досягнення високої точності виявлення підробок запропоновано трохрівневий підхід аналізу відеопотоку та аудіосигналу. Перший рівень базується на аналізі дистанційної фотоплетизмограми обличчя. Справжнє обличчя людини змінює відтінок шкіри під час мікропульсації капілярного кровотоку, що фіксується камери із частотою від 30 кадрів на секунду. Моделі дипфейків передають лише просторові риси обличчя і не відтворюють коректні біологічні серцево-судинні ритми по всій площі обличчя. Метод rPPG вилучає часові серії зміни кольору в зонах лоба та щік і порівнює їх із еталонною картою пульсу.

Другий рівень забезпечує акустичний аналіз спектральних артефактів для виявлення клонованого голосу. Включено дослідження неприродної стабільності формантних частот у частотному діапазоні від 0,5 до 4,0 кілогерц, відсутності природних фізіологічних мікропауз, фаз дихання та фазових змішень, характерних для голосового апарату людини, а також частотно-часових дефектів, викликаних нейромережевими вокодерами у вигляді мікросплесків шуму в супероктавах.[2]

Третій рівень передбачає застосування криптографічного шару Zero-Trust Media Verification. Паралельно з аналізом контенту застосовується протокол передачі одноразових тимчасових токенів, що інтегруються у метадані RTC-потоку за допомогою підпису на базі асиметричної криптографії Ed25519.

Для тестування розробленого прототипу було створено датасет із 500 синтетичних відеодзвінків з використанням інструментів DeepFaceLive, SadTalker та клонування голосу ElevenLabs, а також 500 автентичних сесій із різним ступенем стиснення мережевого трафіку. Порівняльний аналіз показав, що традиційні класифікаційні моделі забезпечують точність на рівні 84,2 відсотка при рівні хибнопозитивних спрацьовувань 8,5 відсотка та затримці 1450 мілісекунд. Запропонований мультимодальний метод досягає точності 97,6 відсотка із зменшенням рівня помилкових спрацьовувань до 1,8 відсотка та середньою затримкою аналізу 115 мілісекунд, зберігаючи високу стійкість на рівні 91 відсотка навіть при втраті до 10 відсотків мережевих пакетів.[3]

Застосування виключно зорових або акустичних класифікаторів є неефективним у боротьбі з реалістичними атаками через постійне вдосконалення алгоритмів генеративного штучного інтелекту. Запропонований мультимодальний метод, який поєднує аналіз мікропульсацій шкіри обличчя, спектральний аналіз вокодерів та криптографічні токени Zero Trust, забезпечує високу точність детекції при затримці до 120 мілісекунд, що робить його придатним для інтеграції в корпоративні відеосервіси, такі як Zoom, Teams та Google Meet.[4]

Список використаних джерел

1. Gupta, A., & Sharma, R. (2024). Generative AI in Social Engineering: The Rise of Real-Time Deepfake Vishing and Countermeasures. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 19(2), 412–425. https://doi.org/10.1109/TIFS.2024.3351289

2. Шевченко, В. М., & Коваленко, О. П. (2023). Методи виявлення аномалій у мультимедійних потоках даних корпоративних мереж. Захист інформації, 25(3), 142–150. https://doi.org/10.18372/2410-7840.25.17482
3. Qi, X., Zhang, Y., & Liu, S. (2025). Remote Photoplethysmography (rPPG) for Deepfake Detection in Low-Bitrate Video Streaming. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications, 21(1), 1–18. https://doi.org/10.1145/3631120
4. National Institute of Standards and Technology. (2023). Synthetic Media and Synthetic Voice Detection: Standards and Evaluation Framework (NIST Special Publication 800-221). U.S. Department of Commerce. https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-221

UDC 004.056:004.5

COMPARATIVE ANALYSIS OF PERFORMANCE AND HARDWARE LIMITATIONS IN GPU ACCELERATION FOR CRYPTANALYSIS OF HASH FUNCTIONS

Kryshtal Yegor
2nd-year cadet
Lehostaieva Polina
2nd-year cadet
Kurinnyi Illia
2nd-year cadet
Serdukov Nazar
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. The field of cryptographic analysis has undergone a fundamental transformation with the integration of Graphics Processing Units (GPUs) into password cracking and hash collision research. Historically, cryptanalysis relied on Central Processing Units (CPUs) to execute brute force and dictionary attacks. However, the architectural design of modern CPUs prioritizes complex, sequential task execution and low latency, which is inherently inefficient for the highly repetitive mathematical operations required in hash inversion.

GPUs introduce a fundamentally different architectural paradigm based on parallel processing. By leveraging thousands of simplified arithmetic logic units, GPUs

can calculate millions or even billions of hashes per second. Advanced tools like HashCat heavily exploit this hardware capability. Despite this immense computational power, GPU acceleration is not a universal solution for all cryptographic challenges. The efficiency of hardware acceleration is strictly governed by the specific design of the target hash algorithm and the physical limitations of the hardware itself. This paper provides a comparative analysis of GPU performance across various cryptographic hash functions, detailing the hardware bottlenecks, memory constraints, and thermal limitations that restrict maximum cryptanalytic throughput.

Architectural Dichotomy: CPU Sequential Logic versus GPU Parallelism. To understand the performance disparity between CPUs and GPUs in cryptanalysis, we must examine their underlying silicon architectures. A high end desktop CPU typically contains between 8 and 24 physical cores. Each core operates at a very high clock frequency and is supported by a massive cache memory structure to handle complex branching logic and system interrupts.

Conversely, a modern GPU, such as those based on the NVIDIA Ada Lovelace architecture, contains thousands of smaller, specialized cores grouped into Streaming Multiprocessors. These processors operate on a Single Instruction Multiple Data (SIMD) paradigm. In the context of hash cracking, this means the GPU can take a single mathematical instruction block (the hashing algorithm) and apply it simultaneously to thousands of different data inputs (the password candidates).

We can express the mathematical advantage using a textual description of the time required to exhaust a keyspace. The total time to crack a hash is equivalent to the total possible combinations in the keyspace divided by the hardware hash rate. Because the GPU hash rate is exponentially higher due to SIMD parallelism, the total time is reduced from years to mere hours for fast hashing algorithms.

Cryptographic Resistance: Compute-Bound versus Memory-Hard Hash Functions. The performance of GPU acceleration varies drastically depending on the target algorithm. Hash functions are generally categorized into two classes regarding their resistance to hardware acceleration: compute-bound and memory-hard.

Compute-bound algorithms, such as MD5, SHA-1, SHA-256, and Microsoft NTLM, were designed for rapid verification. They require very few mathematical operations and almost zero system memory to compute. GPUs excel at attacking these algorithms. Because the memory footprint of a single SHA-256 calculation is negligible, the GPU can keep all of its thousands of cores fully fed with data, maximizing the hash rate.

To counter this hardware advantage, cryptographers developed memory-hard Key Derivation Functions (KDFs). Algorithms like bcrypt, scrypt, and Argon2id are deliberately designed to require a significant amount of Random Access Memory (RAM) for every single hash calculation. Argon2id, the current industry standard, forces the processor to fill a large block of memory with random data and then continuously read and write to unpredictable memory addresses.

When a GPU attempts to crack a memory-hard hash, its architectural advantage collapses. While the GPU has thousands of cores, it possesses a relatively small amount

of Video RAM (VRAM) compared to a system motherboard. If an Argon2id hash requires 64 megabytes of memory per calculation, a GPU with 24 gigabytes of VRAM can only execute a few hundred concurrent threads before running out of memory. This bottleneck leaves thousands of GPU cores sitting idle, completely neutralizing the parallel processing advantage.

Table 1. Comparative GPU Hash Rates for Various Cryptographic Algorithms

Hash Algorithm	**Primary Use Case**	**Hardware Resistance Type**	**Est. Speed (RTX 4090)**
NTLM	Windows Active Directory	Compute-Bound (None)	300+ GigaHashes/sec
SHA-256	Blockchain, Generic Integrity	Compute-Bound (None)	40+ GigaHashes/sec
bcrypt	Legacy Web Application Logins	Compute-Bound (High CPU)	150+ KiloHashes/sec
scrypt	Cryptocurrency Proof of Work	Memory-Hard	4+ MegaHashes/sec
Argon2id	Modern Secure Password Storage	Memory-Hard (Extreme)	< 500 Hashes/sec

Hardware Constraints: Thermal Throttling and PCIe Bandwidth. Beyond algorithmic resistance, physical hardware limitations severely restrict sustained cryptanalytic performance. Cracking hashes is a continuous, intensive workload that stresses the silicon to its maximum thermal limits.

When a GPU operates at maximum utilization for extended periods, it generates immense heat. If the cooling solution cannot dissipate this heat rapidly enough, the GPU firmware initiates thermal throttling. To prevent catastrophic hardware failure, the processor dynamically reduces its voltage and clock frequency. This safety mechanism results in a direct and significant drop in the hashing speed. Maintaining peak performance requires specialized cooling environments, such as server racks with extreme airflow or custom liquid cooling loops.

Another critical bottleneck occurs at the Peripheral Component Interconnect Express (PCIe) bus. During a standard dictionary attack utilizing massive wordlists (e.g., the RockYou2021 compilation) and complex rule sets, the CPU must continuously feed password candidates from the system storage into the GPU VRAM. If the wordlist is poorly optimized, the data transfer rate across the PCIe interface cannot keep up with the GPU execution speed. The GPU cores will momentarily halt execution while waiting for the next batch of data, a phenomenon known as pipeline stalling.

Visualizing Hardware Limitations in Cryptanalytic Workflows To demonstrate the impact of thermal throttling and memory constraints, we can model the terminal output of a HashCat session executing an attack against a secure WPA3 network capture.

Optimization Methodologies and Future Trends To maximize GPU efficiency and mitigate PCIe bottlenecks, cryptanalysts employ on-device mutation strategies. Instead of transferring billions of modified words from the CPU, the analyst loads a small base dictionary and a set of mutation rules directly into the GPU memory. The

GPU cores independently apply the rules (such as appending numbers, altering capitalization, or substituting characters) to the base words. This keeps the data generation strictly internal to the VRAM, completely bypassing the slow PCIe bus and ensuring the calculation pipeline remains saturated.

Looking forward, the arms race between cryptographic defense and hardware acceleration will continue. While GPUs remain the dominant tool for general purpose cracking, specialized Application-Specific Integrated Circuits (ASICs) are occasionally developed by well funded adversaries for specific algorithms. However, the widespread adoption of memory-hard functions like Argon2id by software developers provides a robust defense against both GPU and ASIC acceleration, ensuring that password security remains economically unfeasible to bypass through raw computational power alone.

Conclusions The application of GPU acceleration in cryptanalysis has drastically reduced the security margin of traditional compute-bound hash functions. By exploiting SIMD parallelism, security researchers can achieve hash rates previously considered impossible. However, this comparative analysis reveals that GPU superiority is conditional. The physical realities of thermal throttling, memory bandwidth constraints, and PCIe latency significantly impact sustained performance during prolonged forensic operations.

Furthermore, the structural design of modern cryptographic algorithms directly targets these hardware vulnerabilities. Memory-hard key derivation functions effectively neutralize the parallel processing advantage of GPUs by exhausting limited VRAM resources. For digital forensics units and cybersecurity professionals, understanding these hardware and algorithmic limitations is critical. It allows for the precise allocation of computing resources, the optimization of attack methodologies, and the accurate assessment of cryptographic resilience in modern information systems.

References

1. Steube, J. (2026). Hashcat Advanced Password Recovery. Official Documentation and Architecture Guides.
2. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press. (Contextualizes GPU architecture and SIMD processing).
3. Biryukov, A., Dinu, D., & Khovratovich, D. (2016). Argon2: New Generation of Memory-Hard Functions for Password Hashing and Other Applications. IEEE European Symposium on Security and Privacy.
4. Schneier, B. (2015). Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C. John Wiley & Sons.
5. Harris, S., & Maymi, F. (2016). CISSP All-in-One Exam Guide (7th ed.). McGraw-Hill Education.

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.004.170-178

METHOD FOR BRINGING ASYNCHRONOUS CARDIOTOCOGRAPHIC DATA STREAMS INTO A UNIFIED FORM

Samanarov Batirbek
Doctor of Science, Associate Professor
Department of Information Technologies
Kimyo International University in Tashkent, Uzbekistan
ORCID: 0000-0002-8296-0894
Safoboev Navruzbek
Head of the Information Technology Department,
Ranch School at Urgench RANCH University of Technology, Uzbekistan
ORCID: 0009-0004-3116-6449

Abstract. In cardiotocographic monitoring, FHR and UC signals may arrive asynchronously from different sources, while packets in the network may be delayed, lost, or duplicated. The paper proposes a method for bringing such streams into a device-independent common time grid. Samples are placed according to the sequence number, each node is assigned a status code, and frames are emitted with bounded latency. The complexity of the algorithm per sample is $O(1)$. The method was evaluated on 20 real CTG recordings selected from the CTU-UHB database under two simulated network scenarios. In the proposed method, all placed valid values fell into their correct time nodes. When samples were concatenated in order of arrival, the average FHR-UC shift reached 7.48 s in the unstable network. At $D = 5$ s, data completeness was 99.28%.

Keywords: cardiotocography, asynchronous data streams, temporal alignment, sequence-number-based placement, bounded-latency processing, sample status codes, data completeness.

Introduction. In cardiotocographic (CTG) monitoring, fetal heart rate (FHR) and uterine contractions (UC) time series are recorded continuously. For example, in the open CTU-UHB database containing 552 recordings, both signals are stored at a sampling frequency of 4 Hz and in the PhysioNet WFDB format [1, 2].

According to a review covering 54 studies on FHR preprocessing, the original sampling frequency was reported as 4 Hz in 29 of them, while interpolation methods were used in 30 studies to restore signal segments with impaired quality [3]. Interpolation requires the position of each sample on an equally spaced time grid and the missing values to be known in advance.

In practice, data are obtained from different sources and in different formats. These include files from open databases, CSV exports, and real-time streams from devices. Each source represents timestamps, measurement units, and absence of signal in its own way. Standards such as IEEE 11073 SDC have been developed for

interoperability of medical devices [4]. However, devices from different manufacturers provide data using different protocols and formats; therefore, the processing layer should not depend on a particular device or format.

Differences between sources also make it difficult to compare processing results. The same review also noted that there is no single definition of a missing sample, an outlier, and an artifact [3]. Evaluation of CTG data classification methods across different databases has become a separate research topic [5]. This situation requires invalid samples to be labeled according to the same rules regardless of the source.

In real-time monitoring, an additional problem arises from the transmission network. Packets transmitted from a device through a gateway using the MQTT protocol may be delayed, lost in QoS 0 mode, and delivered more than once in QoS 1 mode [6]. In stream-processing theory, such cases are handled by separating event time from processing time and by using a boundary (watermark) that estimates whether data for an event time have already arrived [7]. The offset between the source and receiver clocks is estimated using the smallest observed delay [8].

The problem of managing multi-parameter data streams was previously considered using wastewater monitoring at livestock complexes as an example [9]. An adaptive control algorithm for data transmission processes in IoT devices was proposed in [10]. The present study adapts these approaches to the specific requirements of perinatal monitoring: temporal alignment of the FHR and UC channels and explicit labeling of the status of each sample.

On this basis, the study seeks to answer two questions. First, can placement of packets by sequence number and emission of frames at a specified deadline correctly align FHR and UC streams in time under conditions of loss, duplication, and interruptions? Second, how much additional latency is required for this and can it be selected automatically according to network conditions?

The aim of the study is to develop a method for bringing asynchronous CTG streams arriving from different sources into a device-independent unified form that is temporally aligned and in which the status of each sample is specified, and to evaluate it using real CTU-UHB recordings and simulated network conditions. For this purpose, a formal model of the stream and the common time grid was formulated, an algorithm for placing samples by sequence number was developed, and its time complexity, memory requirement, latency, and properties related to network conditions were evaluated. The paper does not address clinical interpretation. The main focus is on the computational aspects of data-stream formation and stream processing.

Problem statement and formal description of the streams. The unified form is a common time grid for all channels, with a value and a sample status code stored at each node. The set of channels $C = \{F, U\}$ consists of FHR and UC. If necessary, maternal heart rate and movement markers may also be added. The common time grid is defined as follows:

$$t[k] = t_0 + k\Delta, k = 0,1,2, \dots, \Delta = \frac{1}{f_s} \quad (1)$$

where, when $f_s = 4$ Hz, $\Delta = 0{,}25$ s.

The device stream consists of packets. For channel c, packet n is represented by the following tuple:

$$p = (c, n, \tau, a, y_0, \dots, y_{L-1}) \quad (2)$$

where n is the packet sequence number, τ is the device time of the first sample in the packet, a is the time at which the packet arrived at the receiver, and L is the number of samples in the packet (for a 1 s block, $L = 4$).

The grid node at which sample i in the packet is placed is determined not from the timestamp but from the sequence number:

$$k = nL + i, i = 0, \dots, L - 1 \quad (3)$$

In this case, the sequence numbers of all channels must be formed relative to the same initial time t_0 or converted to a common t_0 in the source adapter. Therefore, variation in transmission delay does not affect the position of a sample. For sources without a sequence number (for example, a CSV file), the node is found from the timestamp: $k = \mathrm{round}\left(\frac{(\tau_i - t_0)}{\Delta}\right)$, where $\varepsilon \le \frac{\Delta}{2}$ is the permitted timestamp deviation; a sample for which $|\tau_i - t[k]| > \varepsilon$ is not placed and the node remains assigned code 2.

The value of a low-frequency channel (for example, a 1 Hz UC channel) is carried forward to subsequent nodes and these are marked as carried-forward values. At each node, the sample status is assigned one of the codes in Table 1.

Table 1. Sample status codes

Code	Status	When assigned
0	valid	the value is within the measurement range declared for the device
1	loss recorded by the source	the device transmitted a no-signal code
2	not received or not placed	no valid sample was available for the node by the emission deadline
3	out of range	the value is outside the interval $[x_{min}; x_{max}]$
4	carried forward	the value is carried forward from a low-frequency channel

Code 3 checks only the measurement range of the device. Detection of artifacts according to physiological criteria remains a task of the subsequent preprocessing layer.

As a result, a unified frame is formed for node k, where NaN is written instead of a value at nodes with codes 1 and 2:

$$\mathbf{F}[k] = (t[k], x_F[k], v_F[k], x_U[k], v_U[k]), v_c[k] \in \{0,1,2,3,4\} \quad (4)$$

The frame is emitted at a fixed deadline. The emission deadline for node k is:

$$e[k] = t[k] + \hat{o} + D \quad (5)$$

where D is the allowed additional waiting time and $\hat{o}$ is the estimate of the offset between the source and receiver clocks.

Based on the principle of using the minimum observed delay in network time synchronization [8], in this study $\hat{o}$ is estimated, for the last N packets, as the sliding minimum of the values $a - \tau$:

$$\hat{o} = \min_{p \in P_N} \big(a(p) - \tau(p)\big) \quad (6)$$

ô includes the offset between the clocks together with the block accumulation time LΔ and the minimum transmission delay. Thus, D is the reserve allocated only for delay variation.

The synchronization of the FHR and UC channels is evaluated in a window of W nodes as the proportion of nodes at which both channels are valid at the same time:

$$q_{sync}[k] = \frac{1}{W} \sum_{j=k-W+1}^{k} \mathbb{1}[v_F[j] = 0 \ \wedge \ v_U[j] = 0] \qquad (7)$$

where $W = 240$ (60 s). It is recommended to calculate parameters describing the relationship between FHR and UC only in windows where q_{sync} is sufficient. This indicator does not express the time shift between the channels; it expresses the degree to which valid data for both channels are simultaneously available on the common time grid.

Thus, the problem is formulated as follows. For the incoming packet stream, for each k, frame F[k] must be formed by the deadline e[k]. Each value must fall into its corresponding node according to (3), duplicate packets must not change the result, and the output latency must be bounded by D.

Algorithm for bringing the streams into a unified form. Because the algorithm places samples according to the sequence number rather than the timestamp, packet delay or loss does not shift subsequent samples. Duplicate packets are detected by an occupied buffer cell and discarded, while samples arriving after the emission deadline are not included in the real-time stream and are transferred to the archive layer. In addition to packet arrival, frames are also emitted by a timer with a step of Δ. Therefore, even when communication is interrupted, the time axis continues and missing nodes are assigned code 2. The buffer capacity is limited to B nodes.

Algorithm 1. Bringing asynchronous streams into a unified form
Input: packet stream P; Δ, L, D, N; [x_min; x_max] and loss code y_loss for each channel c
State: circular buffer R_c of B nodes for each channel; k_out ← 0; ô undefined
Output: frames F[k] and q_sync[k], k = 0, 1, 2, ...

```
1  when packet p = (c, n, τ, a, y_0..y_(L−1)) arrives:
2     EMIT(a)                                  // expired nodes
3     ô ← min(a − τ) over the last N packets       // (6)
4     for each i = 0..L−1:
5        k ← nL + i                            // (3)
6        if k < k_out: send to the archive layer; continue to the next i
7        if R_c[k] is occupied: discard the duplicate; continue to the next i
8        if y_i = y_loss: R_c[k] ← (NaN, 1)
9        else if y_i ∉ [x_min; x_max]: R_c[k] ← (y_i, 3)
10        else: R_c[k] ← (y_i, 0)
11    EMIT(a)                                  // if ô decreased
12 every Δ by timer: EMIT(current time)

EMIT(t):
13 while t[k_out] + ô + D ≤ t:                 // (5)
14    for each c: if R_c[k_out] is empty, R_c[k_out] ← (NaN, 2)
15    emit F[k_out]; update q_sync             // (4), (7)
16    clear R_c[k_out]; k_out ← k_out + 1
```

The adapter converts a device-specific format (a WFDB file, CSV, or network stream) into packets of the form (2) and provides channel metadata (frequency, measurement unit, range, and loss code). The core relies only on this interface; therefore, when a new device is connected, only an adapter for that device needs to be written.

Complexity, latency, and memory estimates. The algorithm requires constant time for each sample, while the output latency is predetermined by the parameter D.

For each sample, calculation of the index according to (3), checking the cell, and assigning the status code require $O(1)$ operations. Emitting each node requires $O(|C|)$, updating q_{sync} by a circular sum according to (7) takes $O(1)$ time. The sliding minimum of $\hat{o}$ in (6) is updated in amortized $O(1)$ time per packet using a monotonic queue. Thus, a stream containing M samples is processed in $O(M)$ time.

The time between measurement of a sample by the device and its emission as part of a frame is estimated as follows:

$$T_{out} \approx L\Delta + \delta_{min} + D \quad (8)$$

where $L\Delta$ is the block accumulation time and δ_{min} is the minimum transmission delay. When emission is performed by a timer with a step of Δ, the actual latency may exceed this value by at most Δ.

For the first sample of a packet to meet its deadline, the condition $a(p) - \tau(p) - \hat{o} \le D$ must hold. For subsequent samples of the packet, the reserve is larger by another $i\Delta$. Therefore, D can be selected using an empirical quantile of delay variation:

$$D_\alpha = Q_{1-\alpha}(a(p) - \tau(p) - \hat{o}) \quad (9)$$

where α is the allowed proportion of late samples. If the distribution is stable, with D selected by rule (9), sample-level completeness is approximately no less than $1 - \alpha$.

The channel buffer must contain all nodes whose deadlines have not yet passed:

$$B \ge \left\lceil \frac{D}{\Delta} \right\rceil + L + 1 \quad (10)$$

Each node stores an 8-byte value and a 1-byte status code. For example, when $D = 5$ s and $L = 4$, $B = 25$ nodes, so the two channels occupy approximately 450 bytes of memory. In addition, for q_{sync} there is a ring of W bits and for $\hat{o}$ a queue of N elements. As a result, the memory required for one device stream depends linearly on D, W, and N and is measured in kilobytes.

Experimental results and discussion based on real CTG recordings. For the experiment, 20 recordings were selected without replacement from the open CTU-UHB intrapartum cardiotocography database using a predefined reproducible random selection (seed=20261004). The real FHR and UC signals from the first 60 minutes of each recording, stored at 4 Hz, were divided into 1 s blocks $(L = 4)$. The FHR and UC blocks were assigned identical sequence numbers relative to a common initial time. Thus, the physiological signals and source-level signal losses in them were taken from real recordings, while packet transmission conditions were formed using a controlled network model.

To evaluate the effect of the network, S1 (stable) and S2 (unstable) scenarios were used. In both scenarios, the minimum transmission delay was set to 20 ms, while the

additional delay was modeled with a log-normal distribution. Its median was 30 and 80 ms, respectively, and the logarithmic standard deviation was $\sigma = 0{,}6$ and $\sigma = 1$, respectively. Packet loss probabilities in S1 and S2 were set to 0.2 and 1%, respectively, and duplicate-delivery probabilities to 0.5 and 2%. Communication interruptions were modeled as a process occurring on average 3 and 20 times per hour, with durations of 1–4 s and 2–10 s, respectively. The proposed method was evaluated at $D = \{0;\ 0{,}25;\ 0{,}5;\ 1;\ 2;\ 3;\ 5;\ 8;\ 12\}$ s.

The study evaluated the proportion of samples placed in their own nodes and the proportion of corresponding FHR-UC pairs. In addition, data completeness (samples delivered on time), the accuracy of status codes, and the latency from measurement to emission were calculated.

Table 2. Comparison of M1 and the proposed method (A) (mean values for 20 recordings selected from the CTU-UHB database)

Indicator	S1: M1	S1: A, D=0.25 s	S2: M1	S2: A, D=5 s
Samples placed in their own nodes, %	9.77	100	2.49	100
Temporally corresponding FHR-UC pairs, %	10.42	100	5.64	100
FHR-UC shift: mean / maximum, s	3.89 / 21	0 / 0	7.48 / 31	0 / 0
Detection of nodes lost in the network, %	0	100	0	100
Completeness, %	100	**99.82**	100	**99.28**
Accuracy of status codes, %	–	**99.82**	–	**99.29**
Latency p50 / p99, s	**0.78 / 1.14**	**1.34 / 1.53**	**0.81 / 5.60**	**6.11 / 6.28**

The experiment with real CTG recordings also showed the sensitivity of the arrival-order concatenation method (M1) to packet loss and duplication. In S1, the proportion of samples remaining in their own time nodes for M1 was 9.77% on average, while the proportion of temporally corresponding FHR-UC pairs was 10.42%. The average shift between the channels was 3.89 s and the maximum reached 21 s. Under S2, these indicators decreased to 2.49 and 5.64%, respectively, while the FHR-UC shift was 7.48 s on average and at most 31 s. This shows that when samples are concatenated only in order of arrival, errors following a lost or duplicated packet accumulate over time.

In the proposed method, all valid values placed by sequence number fell into their corresponding time nodes, and the nodes corresponding to packets lost in the network were correctly marked with code 2. In S1, when $D = 0{,}25$ s, data completeness was 99.82% on average, the accuracy of status codes was 99.82%, and the p50/p99 values of emission latency were 1.34/1.53 s. In S2, for $D = 5$ s, completeness was 99.28%, the accuracy of status codes was 99.29%, and the p50/p99 latency values were 6.11/6.28 s. No forced buffer emission was observed in either scenario.

Data completeness depended substantially on the additional waiting time D (Fig. 1). In S1, average completeness was 75.20% at $D = 0$, while it reached 99.82% already at $D = 0{,}25$ s. From $D = 5$ s onward, all delivered nodes in the experiment were placed by the emission deadline. In S2, completeness was 66.94% at $D = 0$, 90.81% at $D = 0{,}25$ s, 97.03% at $D = 1$ s, 98.51% at $D = 3$ s, and 99.28% at $D = 5$ s. Completeness

reached 99.92% at D = 8 s and 100% at D = 12 s. Thus, according to the 99% criterion, D = 0,25 s was sufficient for the stable network and D = 5 s for the unstable network.

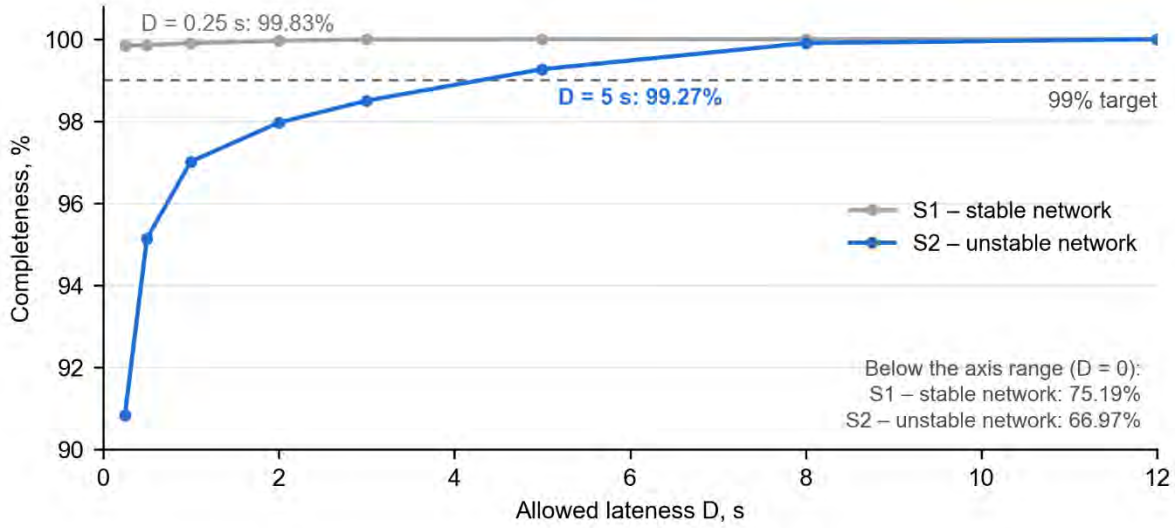


Fig. 1. Dependence of data completeness on additional waiting time in CTU-UHB recordings

In Fig. 1, the 99% completeness target is shown as a separate threshold. In S1, this threshold was reached at D = 0,25 s, and in S2 at D = 5 s. Because the main part of the graph is enlarged to the 90-100% range, the values 75.20 and 66.94% at D = 0 remain outside the main vertical scale and are indicated separately in the figure. Such scaling was used to make differences in the high-completeness region visible and does not mean that the results at D = 0 were excluded.

To adapt the additional waiting time to network conditions, the empirical quantile rule in (9) was evaluated over the first 20-minute interval and tested over the remaining 40 minutes. In S1, the mean value of the selected D was 0.25 s (0.16–1.00 s across recordings), and average completeness in the test part was 99.74%. In S2, D averaged 4.80 s (3.78–6.44 s), and average completeness over the remaining 40 minutes was 99.15%. Because some recordings produced results below the target level of 99%, although the quantile rule makes it possible to select D according to network conditions, it cannot fully account for the uneven temporal distribution of future interruptions over a short observation interval.

The Python prototype processed a one-hour synthetic stream from one device in an average of 37–39 ms on one core of an Intel Xeon 2.1 GHz processor with D=2 s. This indicates that the computational core has sufficient performance margin for real-time processing. A multi-device test accounting for network and input-output costs will be conducted at the next stage.

Conclusion. The experiment using real CTG recordings from the CTU-UHB database showed that placing packets on a common time grid by sequence number prevents transmission delay, loss, and duplication from shifting subsequent samples along the time axis. In the proposed method, all placed valid values fell into their corresponding time nodes, whereas with arrival-order concatenation the average shift

between FHR and UC reached 3.89 s in S1 and 7.48 s in S2. The additional waiting time D determined the trade-off between completeness and emission latency: the 99% completeness criterion was reached at $D = 0{,}25$ s in S1 and $D = 5$ s in S2. The empirical-quantile-based estimate also reflected this difference, giving mean values of the optimal D of 0.25 and 4.80 s, respectively. These results show that placement based on sequence number with bounded waiting selected according to network conditions can provide a stable temporal basis for CTG streams.

Although the experiment used real FHR and UC recordings, packet delay, loss, duplication, and communication interruptions were generated using a controlled model. Therefore, the obtained results cannot be directly generalized to real clinical network infrastructure. At the next stage, the method should be tested using real network logs from CTG devices or measured packet delays, and the unified form should also be tested as an input layer for signal-quality assessment and stream-based parameter calculation algorithms.

References

1. Akidau, T., Bradshaw, R., Chambers, C., Chernyak, S., Fernández-Moctezuma, R. J., Lax, R., McVeety, S., Mills, D., Perry, F., Schmidt, E., & Whittle, S. (2015). The dataflow model: A practical approach to balancing correctness, latency, and cost in massive-scale, unbounded, out-of-order data processing. Proceedings of the VLDB Endowment, 8(12), 1792–1803. https://doi.org/10.14778/2824032.2824076
2. Campos, I., Gonçalves, H., Bernardes, J., & Castro, L. (2024). Fetal Heart Rate Preprocessing Techniques: A Scoping Review. Bioengineering, 11(4), 368. https://doi.org/10.3390/bioengineering11040368
3. Chudáček, V., Spilka, J., Burša, M., Janků, P., Hruban, L., Huptych, M., & Lhotská, L. (2014). Open access intrapartum CTG database. BMC Pregnancy and Childbirth, 14(1), 16. https://doi.org/10.1186/1471-2393-14-16
4. Goldberger, A. L., Amaral, L. A. N., Glass, L., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. Ch., Mark, R. G., Mietus, J. E., Moody, G. B., Peng, C.-K., & Stanley, H. E. (2000). PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. Circulation, 101(23). https://doi.org/10.1161/01.CIR.101.23.e215
5. IEEE Standards Association. (n.d.). IEEE Standards Association. Retrieved October 3, 2026, from https://standards.ieee.org/ieee/11073-20701/6059/
6. Mendis, L., Karmakar, D., Palaniswami, M., Brownfoot, F., & Keenan, E. (2025). Cross-Database Evaluation of Deep Learning Methods for Intrapartum Cardiotocography Classification. IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine, 13, 123–135. https://doi.org/10.1109/JTEHM.2025.3548401
7. Mills, D. L. (1991). Internet time synchronization: The network time protocol. IEEE Transactions on Communications, 39(10), 1482–1493. https://doi.org/10.1109/26.103043
8. MQTT Version 5.0 | OASIS Standard. (n.d.). Retrieved October 3, 2026, from https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html

9. Nishanov, A., Samandarov, B., Joldasbaev, D., & Gulmirzaeva, G. (2025). Adaptive Control Algorithm for Data Transmission Processes in IoT Devices. Al-Farg'oniy avlodlari, 1(1), 100–105. https://doi.org/10.5281/ZENODO.15071148
10. Samandarov, B. (2025). The Problem of Multi-Parameter Data Flow Management in Wastewater Monitoring of Livestock Complexes. 3, 124–129. https://doi.org/10.5281/ZENODO.17295630

UDC 004.056:004.5

HARDWARE MODELING OF NETWORK PHYSICAL LAYER VULNERABILITIES AND THE IMPACT OF ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE ON DATA TRANSMISSION

Deriabin Illia
2nd-year cadet
Nasikovskyi Vladislav
2nd-year cadet
Shestakov Vitalyi
2nd-year cadet
Dmitro Ilchuk
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. Contemporary cybersecurity research predominantly focuses on the upper echelons of the Open Systems Interconnection (OSI) model, specifically targeting application logic, network routing, and transport layer encryption. However, the foundational tier of all digital communication resides at the Physical Layer (Layer 1). This layer is responsible for the transmission of raw bit streams over physical mediums, such as copper cables, fiber optics, or radio frequency channels. Despite robust logical encryption, the physical medium remains highly susceptible to hardware-based exploitation and environmental disruption.

Electromagnetic Interference (EMI) represents a critical vector for both accidental data degradation and intentional Denial of Service (DoS) attacks via jamming. Furthermore, variations in electromagnetic emissions can be exploited for side-channel data interception. This paper investigates the vulnerabilities of the network physical

layer, utilizing hardware simulation environments to model the impact of EMI on data transmission integrity. By applying concepts of information theory to simulated circuit topologies, we aim to quantify signal degradation and propose hardware-level mitigation strategies.

Theoretical Mechanics of Electromagnetic Interference and Signal Degradation. Data transmission over copper cables, such as standard unshielded twisted pair (UTP) Ethernet, relies on the modulation of electrical voltage to represent binary values. In a flawless environment, the receiver perfectly decodes these voltage pulses. However, any electrical cable inherently acts as an antenna, capable of both radiating its own signals and absorbing external electromagnetic waves.

When external EMI permeates the transmission medium, it induces anomalous voltage spikes or drops within the cable. This external energy superimposes onto the legitimate data signal, creating noise. If the noise amplitude is sufficiently high, it alters the waveform beyond the receiver's threshold of recognition. A logical binary "zero" might be artificially elevated to register as a "one", resulting in a bit flip. When multiple bit flips occur sequentially, the Frame Check Sequence (FCS) at the Data Link Layer fails, forcing the network protocols to drop the packet entirely. Continuous packet drops lead to a collapse of the TCP window size, ultimately causing a complete halt in data transmission.

Intentional EMI attacks, commonly known as jamming, leverage this vulnerability by deploying high-powered transmitters tuned to the specific frequency of the target network. These devices flood the local electromagnetic spectrum with chaotic signals, effectively blinding the receiving hardware.

Simulating Physical Layer Vulnerabilities in Electronics Workbench. To analyze the mechanics of signal degradation without disrupting production networks, researchers must utilize advanced Computer-Aided Design (CAD) and simulation software. Electronics Workbench provides an optimal environment for modeling these hardware-level interactions.

The simulation methodology involves constructing a digital schematic that represents a basic network transmission line. The primary components of this model include:

- A digital pattern generator acting as the network interface card transmitter.
- A transmission line component configured to simulate the impedance and resistance of a standard Cat5e copper cable.
- A controllable noise generator to simulate external EMI and radio frequency interference.
- A digital logic analyzer and virtual oscilloscope to monitor the waveform integrity at the receiving end.

During the simulation, a clean square wave representing the binary data stream is injected into the transmission line. The oscilloscope visualizes this clean signal. Subsequently, the noise generator is activated, injecting a high-frequency sine wave across the transmission path. The oscilloscope immediately reflects the distorted, erratic waveform. By gradually increasing the amplitude of the noise generator,

analysts can pinpoint the exact voltage threshold where the simulated receiver component fails to decode the original binary pattern, thereby quantifying the physical vulnerability of the specific cable design.

Table 1. Hardware Simulation Parameters and Associated EMI Attack Vectors

Simulated Component	Attack Vector Counterpart	Impact on Physical Transmission
Broadband Noise Generator	Sweep Jamming Attack	Saturates a wide range of frequencies, causing complete signal loss across multiple channels.
Narrowband Sine Wave Source	Spot Jamming Attack	Targets a specific frequency band, causing localized packet loss without affecting adjacent systems.
Inductive Coupling Probe	Passive Side-Channel Interception	Extracts data by measuring the electromagnetic field radiating from the unshielded cable.
Voltage Transient Generator	Electromagnetic Pulse (EMP)	Induces a massive voltage spike that permanently damages the receiving hardware components.

3. Information Theory: Applying Shannon and Hartley Entropy to Signal Analysis To mathematically evaluate the impact of the simulated EMI, we must transition from raw voltage analysis to information theory metrics. Evaluating the resilience of a communication channel requires understanding its absolute capacity and the unpredictability of the data it carries. We utilize simplified textual logic rather than complex algebraic notation to define these concepts.

First, we analyze the system using Hartley entropy. Hartley established that the maximum amount of information a system can transmit is proportional to the bandwidth of the channel and the logarithm of the number of distinct voltage levels used for signaling. If EMI prevents the receiver from distinguishing between multiple voltage levels, the effective number of signaling states drops, proportionally reducing the Hartley capacity.

To account for continuous noise, we apply the principles of Shannon entropy and the Shannon-Hartley theorem. Shannon entropy measures the average unpredictability or information content of the data source. In the context of our hardware simulation, the maximum theoretical data rate of the cable is defined by the channel bandwidth multiplied by the logarithm of the ratio of the signal power to the noise power, plus one.

This textual mathematical relationship is profound for hardware security. It dictates that as the power of the injected EMI (the noise) increases, the signal-to-noise ratio decreases exponentially. Consequently, the channel capacity approaches zero. When the channel capacity drops below the actual entropy of the data source, flawless transmission becomes physically impossible, regardless of how advanced the software-level error correction algorithms might be.

4. Defensive Architectures and Hardware Mitigation Strategies Neutralizing physical layer vulnerabilities requires structural modifications to the network infrastructure. Software patches cannot fix hardware-level electromagnetic susceptibility. Based on the simulation results, several defensive architectures must be considered.

The primary mitigation against EMI in copper cables is the implementation of differential signaling. In this architecture, data is transmitted over two intertwined wires. One wire carries the normal voltage signal, while the other carries the exact inverse. When external EMI strikes the cable, it affects both wires equally. The receiver calculates the difference between the two wires, effectively canceling out the common noise.

For environments with extreme electromagnetic threats, copper infrastructure must be entirely replaced with fiber-optic cabling. Fiber optics utilize photons traveling through glass or plastic strands rather than electrons moving through copper. Because photons do not respond to external electromagnetic fields, fiber-optic transmission is completely immune to traditional EMI, jamming, and passive inductive eavesdropping.

In wireless networking scenarios, physical layer security relies on dynamic frequency hopping spread spectrum (FHSS) technologies. The transmitter and receiver rapidly change their communication frequencies based on a synchronized, cryptographically secure pseudorandom sequence. Even if an attacker deploys a broadband jammer, they cannot predict the next frequency hop, allowing the transmission to maintain a positive signal-to-noise ratio across the broader spectrum.

Conclusions The physical layer represents the foundational attack surface of any communication system. Vulnerabilities at this level, particularly susceptibility to Electromagnetic Interference, can completely bypass sophisticated logical defenses. By utilizing CAD tools like Electronics Workbench, security engineers can accurately model transceiver circuits and simulate the catastrophic impact of external noise injection.

Integrating these hardware simulations with the information theory principles of Shannon and Hartley entropy provides a comprehensive framework for quantifying data degradation. The analysis confirms that when the noise floor exceeds the signal power, the channel capacity collapses, resulting in an unmitigable Denial of Service. To secure critical infrastructure against these physical vectors, organizations must implement robust hardware countermeasures, including differential signaling, Faraday shielding, and the strategic deployment of fiber-optic architecture in electromagnetically volatile environments.

References

1. Forouzan, B. A. (2012). Data Communications and Networking (5th ed.). McGraw-Hill Education.
2. Stallings, W. (2013). Data and Computer Communications (10th ed.). Pearson.
3. Interactive Image Technologies. (2001). Electronics Workbench User Guide. (Hardware simulation methodologies and circuit modeling).
4. Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal, 27, 379-423. (Foundational texts on channel capacity and signal entropy).
5. National Institute of Standards and Technology. (2020). NISTIR 8320: Hardware-Enabled Security. U.S. Department of Commerce.
6. Kizza, J. M. (2017). Guide to Computer Network Security (4th ed.). Springer.

Section: Jurisprudence

ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДАННЯ КЛОПОТАННЯ ПРО ПРОДОВЖЕННЯ СТРОКУ ДОСУДОВОГО РОЗСЛІДУВАННЯ У КРИМІНАЛЬНОМУ ПРОВАДЖЕННІ: ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА

Шиловська Ганна Іллівна
здобувач вищої освіти, н.г. ЮЗ-344,
Дніпровський державний університет внутрішніх справ, Україна
Науковий керівник:
Д'яковський Геннадій Леонідович
старший викладач, кандидат юридичних наук
Кафедра кримінально-правових дисциплін

Дотримання встановлених законом строків є важливою гарантією забезпечення прав учасників кримінального провадження та одним із проявів принципу розумності строків кримінального провадження. Водночас складність окремих кримінальних проваджень, значний обсяг процесуальних дій, необхідність проведення експертиз, встановлення місцезнаходження осіб або отримання документів можуть обумовлювати неможливість завершення досудового розслідування у визначений законом строк. У таких випадках кримінальне процесуальне законодавство передбачає можливість продовження строку досудового розслідування.

Правове регулювання строків досудового розслідування здійснюється насамперед статтями 219, 294, 295 та 295-1 Кримінального процесуального кодексу України (далі -КПК України). Відповідно до ст. 219 КПК України строк досудового розслідування обчислюється від моменту внесення відомостей про кримінальне правопорушення до ЄРДР або винесення постанови про початок досудового розслідування у передбаченому законом випадку до моменту закінчення досудового розслідування у встановленій процесуальній формі. При цьому закон визначає граничні строки як до повідомлення особі про підозру, так і після такого повідомлення [1].

Особливе значення для складання відповідного клопотання має ст. 294 КПК України, яка встановлює загальні положення щодо продовження строку досудового розслідування. У випадках, коли досудове розслідування злочину до повідомлення особі про підозру неможливо завершити у встановлений строк, цей строк може бути продовжений слідчим суддею за клопотанням прокурора або слідчого, погодженого з прокурором. Після повідомлення особі про підозру питання продовження строку також здійснюється з урахуванням передбачених КПК граничних строків та компетенції відповідного суб’єкта.

Важливою гарантією своєчасності судового контролю є встановлений законом строк звернення з відповідним клопотанням. Зокрема, клопотання про продовження строку досудового розслідування має бути подане не пізніше п’яти днів до спливу відповідного строку. Верховний Суд звертав увагу на необхідність дотримання цього правила та на те, що своєчасне звернення із клопотанням має принципове значення для належного продовження строку досудового розслідування.

Вимоги до змісту клопотання конкретизуються ст. 295 КПК України. Зокрема, у ньому повинні бути зазначені дані про підозрюваного, номер кримінального провадження, зміст повідомленої підозри та правова кваліфікація кримінального правопорушення, посилання на докази, якими обґрунтовується підозра, а також конкретні процесуальні дії, проведення або завершення яких потребує додаткового часу. Крім того, необхідно зазначити значення таких процесуальних дій для подальшого судового розгляду, строк, необхідний для їх проведення, та обставини, які перешкодили здійснити їх раніше.

Таким чином, однією з основних особливостей складання такого клопотання є необхідність його конкретного та мотивованого обґрунтування. Самого посилання на складність кримінального провадження або значний обсяг матеріалів недостатньо. У клопотанні доцільно послідовно показати: які процесуальні дії вже проведені; які саме дії залишилися невиконаними; з яких причин вони не були проведені раніше; чому їх результати мають значення для кримінального провадження; а також який конкретний додатковий строк необхідний для їх завершення.

Особливе значення має правильне визначення дати закінчення чинного строку досудового розслідування. Помилка у визначенні цієї дати може призвести до несвоєчасного звернення з клопотанням та, відповідно, до неможливості належного продовження строку. У цьому контексті важливо враховувати положення ст. 115 КПК України щодо обчислення процесуальних строків, а також правила ст. 219 КПК України щодо періодів, які включаються або не включаються до строку досудового розслідування.

Актуальність цього питання підтверджується практикою Верховного Суду. У 2026 році Верховний Суд окремо оприлюднив тематичний огляд щодо обчислення строку досудового розслідування, в якому систематизовано правові позиції, зокрема щодо продовження строків та особливостей їх обчислення в умовах воєнного стану [2].

Водночас судова практика свідчить, що питання строків досудового розслідування не обмежується формальним дотриманням процедури подання клопотання. Верховний Суд звертає увагу на необхідність правильного визначення фактичного строку розслідування. Так, Об’єднана палата ККС ВС у постанові від 25 лютого 2025 року у справі № 369/16172/20 дійшла висновку, що при обчисленні двомісячного строку досудового розслідування день повідомлення особі про підозру не враховується як день, з якого починається перебіг цього строку [3].

Важливим для практичного складання клопотань є також висновок Верховного Суду про те, що період ознайомлення сторони обвинувачення з матеріалами, відкритими стороною захисту відповідно до ст. 290 КПК України, не впливає на перебіг строку досудового розслідування та не зупиняє його. Така правова позиція була підтверджена Об'єднаною палатою ККС ВС у постанові від 25 лютого 2025 року у справі № 761/35056/19 [4].

Окремої уваги потребує ситуація, коли клопотання про продовження строку було своєчасно подане, але його розгляд відбувся після завершення попереднього строку. Верховний Суд зазначав, що за умови своєчасного звернення та задоволення клопотання строк досудового розслідування не вважається таким, що закінчився лише через те, що суд розглянув клопотання після спливу попередньо визначеного строку. При цьому в судовому рішенні має бути належним чином визначено момент, з якого продовжується строк [5].

У 2026 році Верховний Суд також сформулював важливу правову позицію у справі № 753/7396/23 щодо неможливості вважати окремі процесуальні дії такими, що поновлюють перебіг строку досудового розслідування після його завершення. Суд наголосив, що у відповідній ситуації сторона обвинувачення має вирішувати питання про продовження строку з урахуванням вимог ст. 219 КПК України [6].

Отже, клопотання про продовження строку досудового розслідування має розглядатися не лише як процесуальний документ, необхідний для продовження строку, а як інструмент судового контролю за обґрунтованістю подальшого проведення досудового розслідування. Його зміст повинен дозволяти слідчому судді оцінити фактичні обставини провадження, обсяг уже проведеної роботи, необхідність проведення конкретних процесуальних дій та обґрунтованість запитуваного додаткового строку.

Таким чином, основними вимогами до якісного складання клопотання є: правильне визначення строку досудового розслідування; своєчасність звернення; дотримання встановленої законом структури; конкретизація невиконаних процесуальних дій; зазначення причин, які перешкодили їх проведенню; обґрунтування їх значення для кримінального провадження та визначення конкретного строку, необхідного для їх завершення. Дотримання цих вимог сприяє забезпеченню балансу між необхідністю ефективного розслідування кримінальних правопорушень та гарантіями дотримання прав учасників кримінального провадження.

Список використаних джерел

1. Кримінальний процесуальний кодекс України: Закон України від 13 квітня 2012 № 4651-VI дата оновлення 14.04.2022. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4651-17#Text (дата звернення: 24.09.2026)
2. Огляд судової практики Касаційного кримінального суду у складі Верховного Суду за І півріччя 2024 року. Київ, 2024. 67 с. URL:

https://www.supreme.court.gov.ua/userfiles/media/new_folder_for_uploads/supreme/ogliady/Oglyad_KKS_I_pivr_2024.pdf (дата звернення: 24.09.2026)
3. Постанова Об'єднаної палати Касаційного кримінального суду у складі Верховного Суду від 17.02.2025 у справі № 369/16172/20. ЄДРСР. URL: ЄДРСР, справа № 369/16172/20 (дата звернення: 24.09.2026).
4. Постанова Об'єднаної палати Касаційного кримінального суду у складі Верховного Суду від 17.02.2025 у справі № 761/35056/19. ЄДРСР. URL: ЄДРСР, справа № 761/35056/19 (дата звернення: 24.09.2026).
5. Огляд судової практики Верховного Суду про обчислення строку досудового розслідування. 07.07.2026. URL: https://court.gov.ua/storage/portal/supreme/ogliady/Oglyad_VS_Obchusl_strok_dosyd_roslid.pdf (дата звернення: 24.09.2026).
6. Постанова Першої судової палати Касаційного кримінального суду у складі Верховного Суду від 02.02.2026 у справі № 753/7396/23 (провадження № 51-5656кмп24). ЄДРСР. URL: ЄДРСР, Review № 134085555 (дата звернення: 24.09.2026).

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.005.185-195

ЗАСТОСУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ ОЦІНКИ (IVS) ЕКСПЕРТОМ-ТОВАРОЗНАВЦЕМ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ РИНКОВОЇ ВАРТОСТІ ТОВАРІВ: СКЛАДНОСТІ, НЕВІДПОВІДНОСТІ ТА ШЛЯХИ УСУНЕННЯ ПРОБЛЕМ

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

Анотація. У статті досліджено теоретичні та практичні аспекти імплементації Міжнародних стандартів оцінки (IVS) у практику судової судово-товарознавчої експертизи за спеціальністю 12.1 «Визначення вартості машин, обладнання, сировини та споживчих товарів». Виявлено ключові методологічні та правові колізії між вимогами IVS та діючими національними стандартами оцінки, а також Інструкцією Міністерства юстиції України № 53/5. Проаналізовано специфіку використання концепцій «бази оцінки», «спеціальних припущень» (Special Assumptions) та «синергетичної вартості» під час встановлення ринкової вартості промислових товарів та технологічних ліній у цивільних, господарських та кримінальних процесах. Досліджено актуальну

практику Верховного Суду України щодо вирішення доказових колізій між експертизою 12.1 та звітами про незалежну оцінку майна. Дано правову оцінку можливості застосування та пріоритетності IVS на території України. Наведено конкретні практичні приклади інтеграції міжнародних концепцій та формулювань у дослідницьку частину експертних висновків. Запропоновано комплексні шляхи усунення виявлених деструктивних розбіжностей через модернізацію вітчизняної нормативно-методичної бази.

Ключові слова: судова товарознавча експертиза, ринкова вартість, Міжнародні стандарти оцінки, IVS, правові колізії, виробниче обладнання, промислові товари, правовий пріоритет, спеціальні припущення, економічний знос, оптовий дисконт, Верховний Суд України.

Введення. Процеси європейської інтеграції України та необхідність адаптації національного правового поля до міжнародних стандартів вимагають докорінного перегляду методологічних підходів у судово-експертній діяльності. Особливого значення це набуває у сфері судово-товарознавчої експертизи за спеціальністю 12.1, яка забезпечує доказову базу щодо вартості майна у майнових спорах, справах про банкрутство, митних правопорушеннях та кримінальних провадженнях, пов'язаних із розкраданням, пошкодженням чи знищенням активів суб'єктів господарювання. Правові засади функціонування даного інституту закріплені у Законі України «Про судову експертизу» [1].

Разом із тим, у практичній діяльності експерти-товарознавці дедалі частіше стикаються із вимогами замовників чи ухвалами судів щодо проведення оцінки великих партій товарів, верстатного парку та промислового обладнання відповідно до Міжнародних стандартів оцінки (International Valuation Standards — IVS). Застосування IVS є критично важливим для легітимізації судових рішень на міжнародному рівні (наприклад, у міжнародних арбітражах або при зверненні до Реєстру збитків для України). Проте пряма імплементація IVS судовим експертом обмежена жорсткими процесуальними рамками національного законодавства, зокрема Національним стандартом № 1 «Загальні засади оцінки майна і майнових прав» (НСО) [2], що породжує системні методологічні конфлікти.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є теоретичне обґрунтування колізій, що виникають при застосуванні Міжнародних стандартів оцінки (IVS) [3] у межах судової експертизи 12.1, аналіз відповідної практики Верховного Суду України [4; 5; 6; 7], визначення юридичного статусу та пріоритетності міжнародних норм на території держави, а також розробка практичних рекомендацій та прикладів формулювань для усунення невідповідностей при встановленні вартості промислового обладнання та комерційних товарних партій.

Для досягнення мети поставлено такі задачі:

1. Здійснити порівняльний аналіз понятійного апарату IVS та національного законодавства про оціночну та експертну діяльність у сфері товарознавства.

2. Провести попунктний зіставний аналіз системних розбіжностей між пунктами міжнародного стандарту IVS та національного законодавства України (НСО).

3. Дослідити правову легітимність та ієрархічний пріоритет IVS в юридичному полі України.

4. Виявити та систематизувати ключові складності при застосуванні IVS експертом-товарознавцем за матеріалами справи щодо знищених чи недоступних виробничих активів.

5. Дослідити правові позиції Верховного Суду України щодо вирішення суперечностей між висновками експертів та звітами незалежної оцінки.

6. Надати конкретні приклади та формулювання з впровадження інструментарію IVS у практику судового експерта 12.1.

7. Сформулювати пропозиції щодо гармонізації нормативно-правових актів України з вимогами IVS.

Результати дослідження.

1. ТЕРМІНОЛОГІЧНІ КОЛІЗІЇ ТА КОНЦЕПТУАЛЬНІ НЕВІДПОВІДНОСТІ.

Первинною складністю при інтеграції IVS є суттєва розбіжність у трактуванні фундаментальних понять. Відповідно до розділу IVS 104 «Бази оцінки» (Bases of Value), ринкова вартість (Market Value) розглядається як розрахункова сума, за яку майно може бути обміняно на дату оцінки між зацікавленим покупцем та зацікавленим продавцем у результаті комерційної угоди після належного маркетингу.

Натомість, вітчизняний Порядок визначення шкоди та збитків [8] та спільна Методика Мінекономіки та ФДМУ [9] оперують терміном «ринкова вартість» через призму жорстких податкових та балансових обмежень. Більше того, IVS виділяє такі бази, як «синергетична вартість» (Synergistic Value) та «вартість ліквідації» (Liquidation Value), які практично неможливо легітимізувати в межах стандартного висновку експерта за спеціальністю 12.1, якщо питання суду сформульовано виключно як «яка ринкова вартість майна». Експерт обмежений звуженим вітчизняним визначенням, що унеможливлює врахування реального інвестиційного та операційного контексту товарного ринку.

2. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМНИХ РОЗБІЖНОСТЕЙ МІЖ ПУНКТАМИ IVS ТА НАЦІОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ.

Для розуміння глибини методологічного конфлікту необхідно детально проаналізувати конкретні пункти Міжнародних стандартів оцінки та порівняти їх із вимогами українського нормативно-правового поля в межах компетенції експерта-товарознавця.

Пункт 1. Визначення та структура «Бази оцінки» (Типу вартості). За міжнародним стандартом (IVS 104, Пункти 10.1–20.5) чітко розмежовуються поняття ринкової, інвестиційної, синергетичної вартостей та вартості ліквідації. Стандарт вимагає обирати базу оцінки виходячи виключно з економічних мотивів учасників ринку. За українським стандартом (НСО №1, Пункти 14–22)

національне законодавство ділить вартості лише на ринкову та неринкові типи. НСО штучно обмежує судово-товарознавчу експертизу: наприклад, якщо обладнання чи товарні залишки оцінюються в межах ліквідації підприємства-банкрута, вітчизняний експерт 12.1 все одно змушений розраховувати саме ринкову вартість. За IVS 104 він мав би застосувати самостійну базу — Liquidation Value, яка математично враховує фактор вимушеного скорочення строків експозиції на ринку.

Пункт 2. Flex-концепція «Найефективнішого використання» (Highest and Best Use — HBU). За міжнародним стандартом (IVS 104, Пункти 140.1–140.5) аналіз HBU є обов'язковим та фундаментальним етапом для будь-якого ринкового оцінювання машин, обладнання чи товарних партій. Експерт має довести, що обраний спосіб реалізації є юридично допустимим, фізично можливим, фінансово забезпеченим та гарантує максимальну вартість активу. За українським стандартом (НСО №1, Пункт 10) принцип найефективнішого використання згадується, проте в практиці судової експертизи 12.1 фактично нівелюється Інструкцією Мін'юсту № 53/5. Судовий експерт не має права самостійно моделювати альтернативні варіанти використання майна (наприклад, повузлову утилізацію застарілого верстата на брухт та запчастини), якщо вони не вказані в матеріалах справи.

Пункт 3. Використання «Спеціальних припущень» (Special Assumptions). За міжнародним стандартом (IVS 101, Пункт 20.3 та IVS 103, Пункти 10.1–10.4) стандарти дозволяють і заохочують введення спеціальних припущень, якщо це необхідно для цілей аналізу (наприклад, оцінка знищеної товарної партії як неушкодженої на ретроспективну дату). За українським стандартом (НСО №1, Пункт 52 та Інструкція № 53/5) вітчизняне право розглядає будь-які самостійні припущення експерта як ознаку імовірнісного висновку. Пункт 52 НСО №1 дозволяє враховувати обмеження лише у разі наявності відповідного доручення у замовленні на оцінку. Якщо в ухвалі суду чітко не прописано право експерта використовувати гіпотетичні припущення, висновок за спеціальністю 12.1 буде легко оскаржений як такий, що базується на суб'єктивних здогадках.

Пункт 4. Оцінка накопиченого морального (функціонального та економічного) знецінення. За міжнародним стандартом (IVS 300, Пункти 80.1–80.8) при оцінці машин та обладнання витратним підходом вимагається обов'язковий та роздільний розрахунок трьох видів зносу: фізичного, функціонального та зовнішнього/економічного (вплив інфляції, логістичних криз тощо). За українським стандартом (НСО №1, Пункти 40–42) стандарти оперують аналогічними поняттями, проте методика їх розрахунку в товарознавчій експертизі 12.1 обмежена. Експерти часто зводять розрахунок лише до лінійного фізичного зносу через напрацювання строків служби, оскільки відсутні затверджені Мін'юстом галузеві методики аналізу функціонального та економічного зносу, що прямо суперечить вимогам IVS 300.

Пункт 5. Вимоги до суттєвості та достатності ринкових даних (Джерела інформації). За міжнародним стандартом (IVS 102, Пункти 10.1–30.2) оцінювач

може використовувати будь-які верифіковані джерела ринкової інформації: міжнародні прайс-листи, дані аналітичних агентств, закриті бази даних транзакцій. За українським стандартом (НСО №1, Пункт 49 та вимоги процесуальних кодексів) судовий експерт 12.1 має право використовувати лише ті джерела інформації, які офіційно опубліковані, доступні для перевірки всіма сторонами процесу або прямо долучені до матеріалів провадження. Використання закритих баз або іноземних агрегаторів без надання повних паперових роздруківок часто трактується судами як порушення принципу перевіряємості висновку.

3. МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТА ІЄРАРХІЧНИЙ ПРІОРИТЕТ IVS В ЮРИДИЧНОМУ ПОЛІ УКРАЇНИ.

Важливим аспектом дослідження є визначення юридичного статусу міжнародних норм на території України. Практичний аналіз нормативно-правової бази доводить, що використання Міжнародних стандартів оцінки (IVS) в Україні є повністю законним і можливим, проте вони не мають законодавчого пріоритету над національними нормами.

Відповідно до Закону України «Про оцінку майна, майнових прав та професійну оціночну діяльність в Україні» та Постанови КМУ № 1440, Національні стандарти оцінки (НСО №1, №2, №3, №4) є обов'язковими до виконання у всіх випадках проведення вартісних досліджень на території держави. Якщо висновок судового експерта 12.1 або звіт оцінювача спирається виключно на тексти IVS і при цьому прямо порушує або ігнорує імперативні вимоги українського НСО, такий документ неминуче буде визнано судом неналежним або недопустимим доказом. Національне законодавство для українського судді завжди є першоджерелом права.

Водночас, застосування IVS є цілком легітимним у якості додаткового методичного інструментарію. Постанова КМУ № 326 офіційно містить посилання на «Міжнародні стандарти оцінки» та рекомендує орієнтуватися на них для забезпечення верифікації та визнання звітів у міжнародних судах та реєстрах збитків. Таким чином, для легітимізації висновку експерту 12.1 необхідно застосовувати комбінований підхід, де базові розрахунки відповідають імперативним вимогам НСО, а специфічні процедури (наприклад, визначення ліквідаційної вартості чи введення припущень при знищенні майна) розширюються через логічний апарат IVS. Наразі в державі триває реформа оціночної діяльності через розгляд профільного законопроєкту [10], який має на меті повне та пряме впровадження норм IVS в українське правове поле.

4. ПРОБЛЕМА «СПЕЦІАЛЬНИХ ПРИПУЩЕНЬ» (SPECIAL ASSUMPTIONS) ПРИ ОЦІНЦІ ЗА МАТЕРІАЛАМИ СПРАВИ.

Згідно зі стандартами IVS, оцінювач має право приймати «спеціальні припущення», якщо реальні факти відрізняються від тих, що приймаються в розрахунках на дату оцінки (наприклад, оцінка пошкодженої чи конфіскованої товарної партії або обладнання як неушкоджених на ретроспективну дату).

Проте, відповідно до Інструкції Мін'юсту № 53/5, судовий експерт 12.1 не має права самостійно обирати вихідні дані або висувати припущення, які не підтверджені матеріалами справи. Якщо експерту надано лише товарно-транспортні накладні чи специфікації без можливості натурного огляду виробничих потужностей через їх руйнування чи перебування на тимчасово окупованої території, виникає невідповідність: за IVS експерт зобов'язаний зробити застереження про використання Special Assumptions, тоді як за процесуальним кодексом України такий висновок може бути визнаний недопустимим доказом через його «імовірнісний» характер.

5. МЕТОДОЛОГІЧНІ СКЛАДНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНОГО ТА МОРАЛЬНОГО ЗНОСУ ТЕХНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ ТА ОБЛАДНАННЯ.

Для машин та обладнання (IVS 300) міжнародні стандарти передбачають три класичні підходи: порівняльний, витратний та дохідний. У судово-товарознавчій експертизі при застосуванні витратного підходу розрахунок накопиченого зносу часто спирається на базові лінійні або балансові методи, де відсоток зносу визначається прямим співвідношенням фактичного строку служби майна до його загального нормативного строку експлуатації.

Невідповідність полягає в тому, що IVS вимагає від оцінювача враховувати не лише нормативні строки, а й «економічний строк служби» (Economic Life), який залежить від кон'юнктури ринку та технологічного прогресу. Вітчизняна ж практика експертизи 12.1 схиляється до використання нормативно-правових строк амортизації Податкового кодексу України, що штучно викривляє підсумкову ринкову вартість обладнання, роблячи її відірваною від реалій світового ринку комерційних активів.

6. СУДОВА ПРАКТИКА ВЕРХОВНОГО СУДУ ЩОДО ВИРІШЕННЯ КОЛІЗІЙ МІЖ ВИСНОВКОМ ЕКСПЕРТА (12.1) ТА НЕЗАЛЕЖНОЮ ОЦІНКОЮ ЗА IVS.

Аналіз правозастосовчої практики Касаційного господарського суду (КГС) та Касаційного цивільного суду (КЦС) у складі Верховного Суду дозволяє виокремити стійкі правові позиції щодо оцінки судами доказів вартісного характеру у разі їхньої взаємної суперечливості. Конфлікт між Звітом про незалежну оцінку майна (виконаним суб’єктом оціночної діяльності із залученням норм IVS) та Висновком судового експерта-товарознавця за спеціальністю 12.1 виникає через різну процесуальну природу цих документів та відмінності у застосовуваних техніко-економічних методиках.

У постанові Об’єднаної палати КГС ВС від 26 жовтня 2018 року у справі № 910/9971/17 підкреслено, що судова експертиза призначається судом лише у разі дійсної потреби у спеціальних знаннях, коли наявні у справі докази є взаємно суперечливими. Верховний Суд неодноразово вказував, що висновок судового експерта не має наперед установленої сили та переваги над іншими джерелами доказів (зокрема, над звітами про оцінку), а підлягає оцінці за внутрішнім переконанням суду, яке ґрунтується на всебічному й об’єктивному розгляді обставин справи в сукупності.

Ключовим фактором, який призводить до скасування результатів оцінки або визнання висновків експерта 12.1 неналежними доказами у практиці Верховного Суду, є ігнорування процедури особистого натурного огляду об'єкта дослідження. Так, у постановах КЦС ВС від 1 жовтня 2020 року у справі № 2-2394/10 та від 7 квітня 2021 року у справі № 753/3055/18 сформовано чіткий правовий висновок: підготовці та проведенню експертизи (оцінки) майна в будь-кому випадку передує ознайомлення з об’єктом шляхом безпосереднього доступу до нього. Проведення дослідження без огляду істотно знижує достовірність оцінки.

У контексті міжнародних стандартів IVS та промислових активів, що постраждали від воєнних дій, виникає процесуальний тупик. Експерт 12.1, діючи в рамках Інструкції Мін’юсту № 53/5, часто відмовляється від розрахунку ринкової вартості через неможливість доступу до майна (наприклад, перебування верстатів чи продукції на тимчасово окупованої території), або надає імовірнісний висновок. Водночас незалежний оцінювач, керуючись концепцією Special Assumptions за IVS, складає повноцінний звіт на основі супутникових знімків та балансових довідок, фіксуючи ринкову вартість на ретроспективну дату.

Правове вирішення цієї колізії Верховний Суд заклав у постанові Касаційного кримінального суду від 20 вересня 2018 року у справі № 234/1418/16-к, визнавши, що належно оформлений звіт про оцінку майна суб'єкта оціночної діяльності є належним та допустимим доказом на підтвердження розміру матеріальної шкоди в судовому процесі нарівні з товарознавчою експертизою.

Для недопущення відхилення висновку за спеціальністю 12.1 через відсутність натурного огляду, експерт-товарознавець зобов'язаний методологічно інтегрувати інструментарій IVS. При розрахунку матеріального збитку експерт має право офіційно вводити «спеціальні припущення» (за згодою суду), вказуючи межі та обмеження дослідження. Як зазначено у практиці судової оцінки імовірнісних висновків, суд не має права автоматично відкидати висновок експерта лише через його некатегоричність або наявність методичних застережень, якщо такий висновок логічно підтверджується іншими зібраними матеріалами справи: актами ДСНС, витягами з ЄРДР та супутниковою зйомкою. Таким чином, гармонізація дій експерта 12.1 із вимогами IVS мінімізує ризик визнання доказу недопустимим у практиці Верховного Суду.

7. ПРАКТИЧНІ ПРИКЛАДИ ТА ГОТОВІ ШАБЛОНИ ФОРМУЛЮВАНЬ ЗА IVS ДЛЯ СУДОВОЇ ЕКСПЕРТИЗИ.

Для практичного подолання методичного вакууму та легітимізації міжнародних норм в українських судах, експерт-товарознавець може безпосередньо інтегрувати логічний апарат IVS у дослідницьку частину висновку. Нижче наведено чотири базові концепції з готовими прикладами формулювань:

- Впровадження «Спеціальних припущень» (Special Assumptions) при дефіциті інформації (IVS 104, IVS 101): «У зв'язку з повною фізичною деструкцією об'єкта

дослідження (або перебуванням майна на тимчасово окупованій території), натурний огляд верстатного парку експертом не проводився. Відповідно до концептуальних засад Міжнародних стандартів оцінки (IVS 101, п. 20.3), експертом застосовано Спеціальне припущення (Special Assumption), згідно з яким технічний стан промислового обладнання на ретроспективну дату (23.02.2022) приймається як повністю працездатний, що відповідає даним інвентаризаційних відомостей та сервісних книжок, наданих у матеріалах справи. Зміна цього припущення може суттєво вплинути на підсумкову ринкову вартість». У випадку припущення технічного стану: «Оскільки визначення технічного стану внутрішніх вузлів, електронних схем та програмного забезпечення об’єкта дослідження потребує спеціальних знань у галузі інженерно-технічних експертиз та виходить за межі компетенції експерта-товарознавця (спеціальність 12.1), оцінка проводиться із застосуванням Припущення (Assumption) та Спеціального припущення (Special Assumption) відповідно до Загальних стандартів МСО (IVS 104 "Bases of Value" / "Бази оцінки"). Згідно з міжнародною практикою, у разі відсутності можливості інструментальної перевірки технічного стану, оцінка здійснюється виходячи з гіпотетичної умови, що об'єкт є повністю працездатним. Таким чином, подальше товарознавче дослідження проводиться за умови повної технічної справності, працездатності та відповідності виробу заявленим технічним характеристикам виробника».

- Застосування бази «Вартість ліквідації» (Liquidation Value) при обмежених строках продажу (IVS 104): «При визначенні вартості партії промислових товарів в межах процедури примусового стягнення, експерт враховує вимоги стандарту IVS 104 щодо вартості ліквідації (Liquidation Value). Оскільки строк реалізації активів судовою постановою обмежений 14 календарними днями (що значно менше нормативного строку маркетингу для даного сегменту ринку, який становить 3 місяці), до базової ринкової вартості застосовано коефіцієнт вимушеного продажу. Розрахунок виконано з урахуванням еластичності попиту...»

- Обґрунтування «Економічного зносу» (Economic Obsolescence) через зовнішні фактори (IVS 300): «При застосуванні витратного підходу до оцінки виробничої лінії, окрім фізичного зносу, експертом розраховано економічний знос (Economic Obsolescence) відповідно до положень стандарту IVS 300. Знецінення викликане зовнішнім фактором — введенням обмежень на імпорт комплектуючих електронних плат виробника та падінням завантаження потужностей заводу на 60%. На основі методу капіталізації втрати доходу, величина економічного зносу лінії становить 45%, що інтегровано в загальний накопичений знос активу».

- Використання «Оптового дисконту» (Blockage Discount) для масивів однорідного майна (IVS 105): «Об'єктом дослідження є масив однорідного майна в кількості 5 000 одиниць. Керуючись принципами ринкових допущень IVS 105, експерт зазначає, що одноразова реалізація такої кількості товару на локальному

ринку призведе до профіциту та зниження ціни пропозиції. Для визначення реальної ринкової вартості партії застосовано оптовий дисконт (Blockage Discount) у розмірі 22%, розрахований через аналіз середньомісячного об'єму поглинання ринку даного типу товарів».

8. ШЛЯХИ УСУНЕННЯ ПРОБЛЕМ ТА ГАРМОНІЗАЦІЯ СИСТЕМ.

Для вирішення зазначених проблем пропонується впровадження двокомпонентного алгоритму в експертну практику України:

- Процесуальне врегулювання (Формулювання питань): При призначенні експертизи 12.1 судам та сторонам процесу необхідно рекомендувати прямо вказувати у нормативному полі ухвали: «із застосуванням концептуальних баз Міжнародних стандартів оцінки (IVS)». Це дає експерту законне право використовувати інструментарій Special Assumptions без порушення процесуального статусу та нівелює конфлікт щодо ієрархічності норм.

- Методологічне врегулювання: При використанні порівняльного підходу для великих комерційних партій промислових товарів чи сировини, експерт повинен розраховувати ринкову вартість не як суму одиничних дрібних продажів, а з урахуванням концепції оптового дисконту та строку експозиції за IVS. Розрахунок матеріального збитку (Зв) має здійснюватися за гармонізованою арифметичною формулою:

$$Зв = В\_р - В\_л + В\_с$$

де В_р — ринкова вартість промислового активу за IVS до інциденту, В_л — вартість ліквідаційних залишків майна чи брухту, а В_Тс — супутні транзакційні, демонтажні та логістичні витрати на утилізацію майна суб'єкта господарювання.

Результати дослідження і їх обговорення. Обговорення виявлених невідповідностей свідчить, що спроби судово-експертних установ повністю ігнорувати IVS, керуючись виключно застарілими галузевими інструкціями, призводять до програшу українських суб'єктів господарювання у міжнародних судових інстанціях. Іноземні арбітражі відхиляють висновки експертів 12.1, якщо вони базуються на суто внутрішніх податкових інструкціях та не містять комплексного аналізу ринку за стандартами IVSC.

Впровадження запропонованих змін дозволить експерту-товарознавцю виступати повноцінним учасником міжнародного юридичного поля. Застосування доступних та перевірених розрахункових моделей зносу, скоригованих на економічний фактор ринку [10; 11], дозволяє наблизити результати державної експертизи до реальних ринкових та інвестиційних показників втраченого майна, навіть за умов відсутності законодавчого пріоритету міжнародного стандарту на поточному етапі. Наявність чітких шаблонів формулювань (Special Assumptions, Economic Obsolescence) дозволяє уникнути процесуальних заперечень з боку інших учасників судового процесу.

Висновки. Існуючий методологічний розрив між вимогами Міжнародних стандартів оцінки (IVS) та вітчизняною практикою судової експертизи 12.1 створює суттєві ризики для правосуддя, особливо у спорах з іноземним

елементом та справах про відшкодування великих майнових збитків підприємствам.

Проведений аналіз розбіжностей довів наявність глибоких суперечностей в інструментах визначення бази оцінки, аналізу HBU, джерел даних та використанні припущень. Визначено, що IVS наразі не має прямого правового пріоритету перед НСО в судах України, що вимагає від експерта комбінованого захисту висновку. Практика Верховного Суду підтверджує, що відсутність натурного огляду є критичною вразливістю висновку, якщо експерт процесуально не обґрунтував специфіку дослідження через інструментарій Special Assumptions.

Представлені готові шаблони та кейси впровадження інструментів Liquidation Value, Blockage Discount та Economic Obsolescence доводять, що інтеграція IVS у дослідницьку частину висновку 12.1 суттєво підвищує його верифікованість та захищеність в умовах методичного вакууму національних інструкцій.

Усунення зазначених проблем можливе лише шляхом внесення змін до Інструкції № 53/5, успішного прийняття законопроєкту № 13435 та офіційного визнання Міністерством юстиції України стандартів IVS як легітимної та пріоритетної методичної основи при визначенні ринкової вартості машин, обладнання та промислових товарних партій.

Список використаних джерел

1. Про судову експертизу : Закон України від 25 лют. 1994 р. № 4038-XII. URL: rada.gov.ua (дата звернення: 14.09.2026).
2. Загальні засади оцінки майна і майнових прав : Національний стандарт № 1 : затверд. постановою Кабінету Міністрів України від 10 верес. 2003 р. № 1440. URL: rada.gov.ua (дата звернення: 14.09.2026).
3. International Valuation Standards (IVS). Effective 31 January 2025 / International Valuation Standards Council (IVSC). London : IVSC, 2024. 240 p.
4. Постанова Об’єднаної палати Касаційного господарського суду у складі Верховного Суду від 26 жовтня 2018 року у справі № 910/9971/17. URL: court.gov.ua (дата звернення: 14.09.2026).
5. Постанова Касаційного кримінального суду у складі Верховного Суду від 20 вересня 2018 року у справі № 234/1418/16-к. Єдиний державний реєстр судових рішень. URL: court.gov.ua (дата звернення: 14.09.2026).
6. Постанова Касаційного цивільного суду у складі Верховного Суду від 01 жовтня 2020 року у справі № 2-2394/10. Єдиний державний реєстр судових рішень. URL: court.gov.ua (дата звернення: 14.09.2026).
7. Постанова Касаційного цивільного суду у складі Верховного Суду від 07 квітня 2021 року у справі № 753/3055/18. URL: court.gov.ua (дата звернення: 14.09.2026).
8. Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації : Постанова Кабінету Міністрів України від 20 берез. 2022 р. № 326. Офіційний вісник України. 2022. № 26. С. 137.

9. Про затвердження Методики визначення шкоди та обсягу збитків, завданих підприємствам, установам та організаціям усіх форм власності внаслідок знищення та пошкодження їх майна у зв'язку з збройною агресією Російської Федерації... : Наказ Міністерства економіки України, Фонду державного майна України від 18 жовт. 2022 р. № 3965/506. Офіційний вісник України. 2022. № 86. С. 124.
10. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо реформування оціночної діяльності : Проєкт Закону України № 13435 від 11.03.2026. Офіційний вебпортал Верховної Ради України. URL: rada.gov.ua (дата звернення: 14.09.2026).
11. Економічні втрати промислового сектора України внаслідок руйнування основних фондів підприємств : Звіт аналітичного центру / Київська школа економіки. Київ, 2024. URL: kse.ua (дата звернення: 14.09.2026).

УПРАВЛІННЯ У ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ В УКРАЇНІ: ОКРЕМІ АСПЕКТИ

Антонюк Уляна
к.ю.н., доцент
Кафедра цивільного та господарського права і процесу
Івано-Франківський інститут «Одеська юридична академія»,
Україна

У сучасних умовах в Україні питання щодо охорони довкілля і забезпечення екологічної безпеки відіграють надзвичайно важливу роль у системі національних пріоритетів з метою гарантування безпечного та сталого навколишнього середовища і захист екологічних прав громадян. Адже у відповідності зі ст. 16 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» метою управління в галузі охорони навколишнього природного середовища є реалізація законодавства, контроль за додержанням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних і комплексних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів, досягнення узгодженості дій державних і громадських органів у галузі охорони навколишнього природного середовища [1]. Сьогодні довкілля як «мовчазна жертва війни», потребує ефективної, дієвої та узгодженої моделі управління, яка б забезпечувала його відновлення, збереження, баланс економічних та екологічних інтересів суспільства в умовах війни.

Слід відмітити, що за всю історію незалежної України, починаючи з 1991 року, у сфері охорони довкілля існувало спеціальне профільне відомство на рівні міністерства як центрального органу виконавчої влади, що забезпечував формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища, що, безумовно було дуже виправданим і необхідним. Так, у 1991

році вперше було створено Міністерство охорони навколишнього природного середовища України [2]. Згодом його було перейменовано у Міністерство екології та природних ресурсів України [3].

Радикальні зміни у системі органів екологічного управління розпочались у 2019 році, коли Міністерство екології та природних ресурсів було реорганізовано шляхом злиття з Міністерством енергетики України, і таким чином, утворилось Міністерство енергетики та захисту довкілля України [4]. Така ініціатива уряду викликала гостру критику та обурення з боку представників екологічно зацікавленої громадськості та громадських природоохоронних організацій. Свою позицію урядовці обґрунтовували тим, що запозичували позитивний зарубіжний досвід інших європейських держав, де мають місце такі об'єднані органи. Дійсно, сьогодні у Європі є 11 країн, які мають міністерство довкілля, поєднане зі сталим розвитком, зміною клімату, енергетикою, сільським господарством, тощо, але пріоритетом все одно залишається довкілля. Це Австрія, Бельгія, Велика Британія, Данія, Іспанія, Кіпр, Латвія, Нідерланди, Португалія та інші [5]. Таке поєднання було зроблено з метою екологізувати інші галузі, тому довкіллєва складова є наскрізною та пріоритетною. У 7 країнах Європи енергетика поєднується з довкіллям, однак переважно енергетика додається до повноважень відомств захисту довкілля. При цьому екологічні повноваження не скорочуються, а навпаки розширюються. Також часто економічний блок у сфері енергетики передають у відання міністерств економіки, а те, що стосується клімату, скорочення викидів, альтернативних джерел, долучають до довкіллєвих відомств [5].

Зрештою, така ініціатива уряду проіснувала не довго, і вже через рік, у травні 2020 року, відбулась чергова урядова реорганізація через роз'єднання Міністерства енергетики та захисту довкілля України і утворення самостійного Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [6]. Але Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України проіснувало лише 5 років, оскільки у 2025 році відбулась чергова оптимізація системи органів виконавчої влади шляхом об'єднання Міністерства економіки України, Міністерства аграрної політики та продовольства України і Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України у єдине Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України [7]. Єдиним виправданням такої синергії об'єднання міністерств, можуть бути хіба що умови воєнного стану та війна в Україні, які максимально потребують зосередження зусиль на зміцненні економічного потенціалу України. Водночас, не варто забувати і нехтувати тим фактом, що довкілля також зазнає постійного негативного, навіть, невідворотного впливу внаслідок війни в Україні та в подальшому потребуватиме відновлення.

У липні 2026 році відбулися чергові зміни у структурі органів державного управління і Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України було вчергове реорганізовано шляхом поділу на Міністерство економіки та довкілля України і Міністерство аграрної політики та продовольства України

[8]. Відновлення Міністерства аграрної політики та продовольства України є надзвичайно важливим та необхідним кроком у системі управління сферою сільського господарства та АПК України в умовах воєнного стану. Водночас, незрозумілою залишається позиція урядовців щодо об'єднання в рамках одного відомства двох кардинально протилежних сфер суспільної діяльності, які ще перебувають, певною мірою, у деструктивній взаємодії, демонструючи зворотну залежність та системний антагонізм впродовж тривалого часу. При цьому, навряд чи поєднання у межах одного відомства двох взаємовиключних сфер сприятиме досягненню такого балансу. Так, сьогодні багато кроків і напрямків еколого-правового регулювання спрямовані на забезпечення сталого розвитку екологічних та економічних інтересів суспільства. Безумовно, що досягнення консенсусу екологічних та економічних інтересів передбачає системну і тісну співпрацю та взаємодію і економічної, і екологічної управлінських складових, але паралельно, в межах окремих урядових органів. Підтвердженням цьому є позитивний світовий досвід європейських країн, де ефективно функціонують спеціальні міністерства у сфері охорони довкілля: Болгарія, Естонія, Італія, Литва, Німеччина, Польща, Румунія, Словаччина, Словенія, Фінляндія, Чехія, Швеція [5].

Тому, в сучасних умовах, в Україні існує гостра та нагальна потреба у відновленні діяльності спеціального профільного відомства, на кшталт, Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, в межах якого б здійснювались формування та реалізація екологічної політики держави. Особливої гостроти ці питання набувають в Україні через умови воєнного стану і ту критичну екологічну ситуацію та шкоду, якої завдають довкіллю воєнні дії в Україні. І саме управлінська складова щодо відновлення довкілля після війни має відігравати вирішальну роль у державно-правовому механізмі охорони довкілля, раціонального природокористування та забезпечення екологічної безпеки.

Список використаних джерел

1. Про охорону навколишнього природного середовища: закон України від 25 червня 1991 року № № 1264-XII URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12/conv#n163 (дата звернення 25 вересня 2026 року).
2. Питання Міністерства охорони навколишнього природного середовища України: постанова Кабінету Міністрів України від 14 вересня 1991 року № 200 URL: URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/200-91-%D0%BF#Text (дата звернення 25 вересня 2026 року).
3. Про оптимізацію системи центральних органів виконавчої влади Про оптимізацію системи центральних органів виконавчої влади: указ Президента України від 09 грудня 2010 року № 1085/2010 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1085/2010#Text (дата звернення 25 вересня 2026 року).
4. Деякі питання оптимізації системи центральних органів виконавчої влади: постанова Кабінету Міністрів України від 02 вересня 2019 року № 829 URL:

https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/829-2019-%D0%BF#Text (дата звернення 25 вересня 2026 року).
5. Бєлобра А. Об'єднання Мінприроди та Міненерго: хто від цього програє URL: https://hromadske.radio/publications/ob-yednannya-minpryrody-i-minenergo-hto-vid-cogo-prograye (дата звернення 25 вересня 2026 року).
6. Деякі питання оптимізації системи центральних органів виконавчої влади: постанова Кабінету Міністрів України від 27 травня 2020 року № 425 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/425-2020-%D0%BF#Text (дата звернення 25 вересня 2026 року).
7. Деякі питання Міністерства економіки, довкілля та сільського господарства України: постанова Кабінету Міністрів України від 21 липня 2025 року № 903 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/903-2025-%D0%BF#Text (дата звернення 25 вересня 2026 року).
8. Деякі питання оптимізації системи центральних органів виконавчої влади України: постанова Кабінету Міністрів України від 17 липня 2026 року № 963 URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/963-2026-%D0%BF#Text (дата звернення 25 вересня 2026 року).

Section: Logistics and Transport

ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ БЕЗПЕКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МОРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Щербина Ольга Василівна
к.т.н., доцент
Кафедра експлуатації флоту і технології морських перевезень,
https://orcid.org/0000-0002-9247-5972
Терновський Валентин Борисович
д.ф-м.н., професор
Кафедра судноводіння і морської безпеки
https://orcid.org/0000-0002-4402-4157
Котенко Олег Васильович
старший викладач
Кафедра судноводіння і морської безпеки
https://orcid.org/0009-0007-5294-474X
Одеський національний морський університет, Україна

Актуальність дослідження. Функціонування морських транспортних систем супроводжується одночасним впливом технічних, експлуатаційних, навігаційних, організаційних та зовнішніх факторів, зміна яких може призводити до порушення встановлених умов виконання транспортного процесу. Безпека за таких умов визначається не лише надійністю окремого судна або технічного обладнання, а результатом взаємодії всіх елементів системи на різних етапах перевезення.

Особливістю морських транспортних систем є мінливість умов їх функціонування. Зміна гідрометеорологічної обстановки, інтенсивності судноплавства, технічного стану обладнання, характеристик вантажу, режимів роботи судна або дій персоналу може змінювати рівень безпеки без припинення самого транспортного процесу. Тому фіксація окремої відмови або небезпечної події не забезпечує повної характеристики поточного стану системи.

Для комплексного оцінювання необхідно враховувати не тільки факт виникнення небезпеки, але й ступінь наближення параметрів функціонування до встановлених граничних значень. Це дозволяє розглядати безпеку як характеристику поточного стану морської транспортної системи та своєчасно визначати умови, за яких подальша зміна параметрів може призвести до переходу в небезпечний стан.

Відповідно, виникає необхідність формування системи критеріїв, яка поєднує різні складові безпеки та забезпечує їх використання в єдиній процедурі оцінювання. Такий підхід дозволяє перейти від контролю окремих параметрів до комплексного визначення відповідності поточного стану системи встановленим умовам безпечного функціонування.

Метою дослідження є формування системи критеріїв безпеки функціонування морських транспортних систем на основі комплексного врахування технічних, навігаційних, експлуатаційних, організаційних та зовнішніх параметрів транспортного процесу.

Виклад основного матеріалу. Безпека функціонування морської транспортної системи формується під впливом сукупності параметрів, які характеризують технічний стан її елементів, навігаційні умови, особливості виконання експлуатаційних процесів, діяльність персоналу та вплив зовнішнього середовища. Зміна кожної з цих складових може безпосередньо впливати на умови виконання транспортної функції, тому їх оцінювання доцільно здійснювати в межах єдиної структури.

Для систематизації параметрів запропоновано виділяти п'ять основних груп критеріїв: технічні, навігаційні, експлуатаційні, людські та організаційні, екологічні. Їх сукупність формує інформаційну основу для визначення поточного стану безпеки морської транспортної системи.

Технічні критерії характеризують працездатність суднового обладнання, енергетичних установок, засобів управління та інших технічних елементів, від яких залежить виконання транспортного процесу. Навігаційні критерії відображають умови руху судна, безпечність маршруту, навігаційну обстановку та можливість дотримання встановлених параметрів руху.

Експлуатаційні критерії пов'язані з фактичними режимами роботи судна, виконанням вантажних і технологічних операцій та дотриманням установлених експлуатаційних обмежень. Людські та організаційні критерії характеризують готовність персоналу, правильність виконання процедур, розподіл функцій та взаємодію учасників транспортного процесу. Екологічні критерії визначають умови, за яких функціонування системи не призводить до перевищення встановлених обмежень впливу на морське середовище.

Взаємозв'язок зазначених складових при формуванні стану безпеки морської транспортної системи наведено на рис. 1.



Рисунок 1 – Структура формування стану безпеки морської транспортної системи

Як показано на рис. 1, окремі групи критеріїв не формують незалежних оцінок безпеки, а використовуються спільно для характеристики поточного стану системи. При цьому відповідність одного параметра встановленим вимогам не компенсує критичного відхилення іншого, якщо таке відхилення створює умови для порушення безпечного виконання транспортної функції.

Тому результат оцінювання доцільно розглядати не лише як поділ стану на безпечний і небезпечний. Для практичного управління важливо встановити ступінь наближення параметрів до граничних значень, що дозволяє виявити погіршення стану ще до фактичного порушення вимог безпеки.

Оцінювання здійснюється послідовно за визначеними групами критеріїв із подальшою інтеграцією отриманих результатів та перевіркою встановлених обмежень безпеки. За результатами такого оцінювання поточний стан морської транспортної системи належить до одного з трьох рівнів: прийнятного, граничного або неприйнятного, рис. 2.

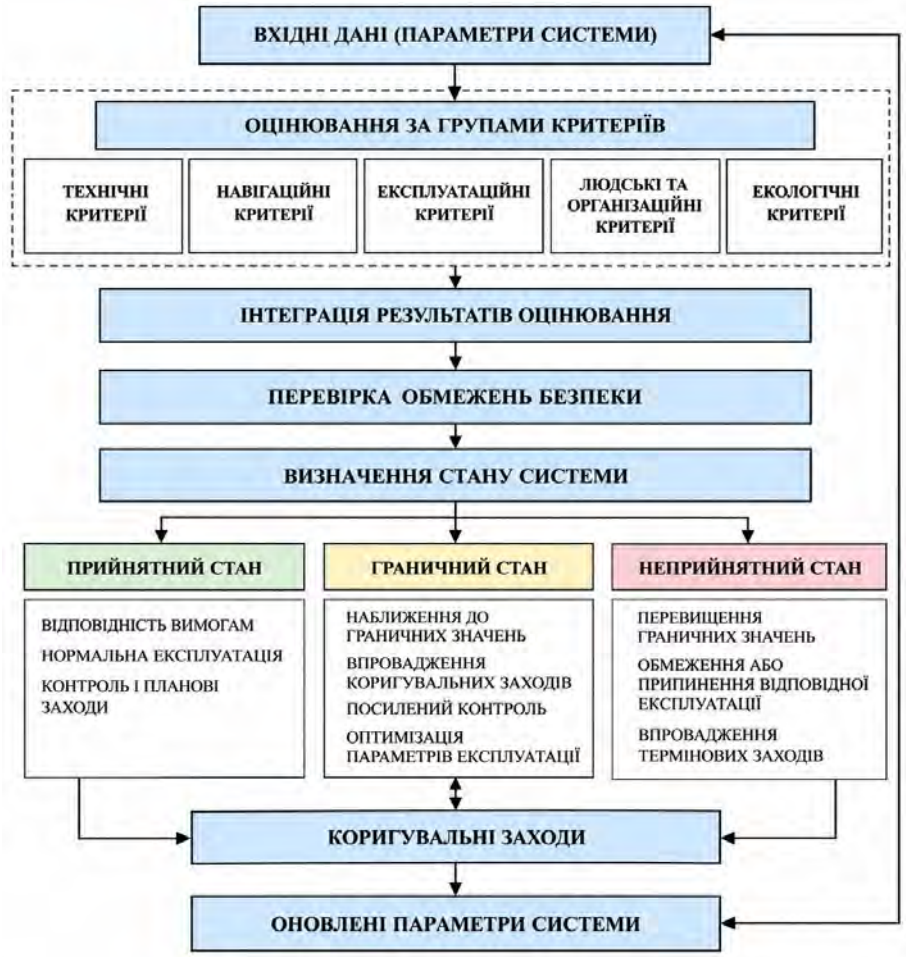


Рисунок 2 – Алгоритм оцінювання стану безпеки функціонування морської транспортної системи

Прийнятний стан відповідає умовам, за яких контрольовані параметри перебувають у встановлених межах і транспортний процес може продовжуватися у штатному режимі. Граничний стан характеризується наближенням одного або декількох параметрів до встановлених обмежень та

потребує посиленого контролю і застосування коригувальних заходів. Неприйнятний стан визначається перевищенням граничних значень, що є підставою для обмеження або припинення відповідної операції та реалізації термінових заходів.

Принциповим елементом запропонованого алгоритму є зворотний зв'язок між результатами оцінювання та параметрами функціонування системи. Реалізація коригувальних заходів приводить до зміни відповідних параметрів, після чого процедура оцінювання повторюється. Таким чином, безпека розглядається не як одноразово визначена характеристика, а як контрольований стан морської транспортної системи, що змінюється в процесі її функціонування.

Висновки. У роботі сформовано систему критеріїв безпеки функціонування морських транспортних систем, що охоплює технічні, навігаційні, експлуатаційні, людські та організаційні, а також екологічні складові. Їх комплексне врахування дозволяє оцінювати безпеку не за окремими показниками, а за сукупністю параметрів, що визначають поточний стан системи.

Запропоновано алгоритм оцінювання, який передбачає інтеграцію результатів за окремими групами критеріїв, перевірку встановлених обмежень та віднесення стану системи до прийнятного, граничного або неприйнятного. Виділення граничного стану дозволяє виявляти наближення параметрів до критичних значень ще до моменту фактичного порушення вимог безпеки.

Застосування коригувальних заходів із подальшим повторним оцінюванням формує замкнений цикл контролю стану системи та створює основу для своєчасного реагування на зміну умов функціонування морського транспорту.

Список використаних джерел

1. Waskito, D. H., Kurt, R. E., & Turan, O. (2026). Comprehensive literature review of systemic safety analysis: Trends and development in the maritime sector☆. Safety Science, 200, 107208. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2026.107208
2. Asensio, J. E., Beltrán, M. R., Lam, J. S. L., Parvasi, S. P., & Viguer, C. G. (2026). Assessing barriers to e-methanol adoption for maritime decarbonization. Ocean & Coastal Management, 282, 108343. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2026.108343
3. Schinas, O., Brauner, N., & Johns, M. (2026). Structured review of maritime life cycle assessment: Applications, methods, and challenges. Sustainable Futures, 11, 101936. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2026.101936
4. Adeli, M., & Goerlandt, F. (2026). Maritime waterway risk control options' effectiveness: An empirical analysis of PAWSA reports. Safety Science, 202, 107283. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2026.107283
5. Din, M. U., Akram, W., Bakht, A. B., & Hussain, I. (2026). LLM–VLM fusion framework for autonomous maritime port inspection using a heterogeneous UAV–USV System. Alexandria Engineering Journal, 141, 305-322. https://doi.org/10.1016/j.aej.2026.03.013
6. Xi, Y., & Yin, J. (2026). Knowledge graph construction and causal analysis for maritime safety: An HFACS-guided zero-shot LLM approach. Ocean Engineering, 366, 127496. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2026.127496

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ABC- ТА XYZ-АНАЛІЗУ В УПРАВЛІННІ ЗАПАСНИМИ ЧАСТИНАМИ ПІД ЧАС РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ

Орловська Олександра
к.е.н, доцент
Кафедра залізничного транспорту
Національний університет
«Львівська політехніка», Україна

Анотація. Розглянуто особливості логістичного забезпечення підприємств із ремонту рухомого складу. Встановлено, що нерівномірність споживання запасних частин, складність прогнозування потреби за результатами дефектації та тривалі строки постачання окремих комплектувальних виробів можуть спричиняти порушення технологічного процесу і збільшення тривалості ремонту. Доведена доцільність застосування ABC/XYZ-аналізу для класифікації запасних частин за їхньою вартісною цінністю при стабільності споживання. Дано характеристику основним групам запасів і запропоновано відповідні підходи до їх планування, контролю та поповнення за допомогою ABC/XYZ-аналізу, підвищити ритмічність ремонтного виробництва.

Ключові слова: рухомий склад, ремонт, запасні частини, логістичне забезпечення, матеріальні запаси, ABC-аналіз, XYZ-аналіз, ремонтне підприємство.

Вступ. Надійність та ефективність залізничного транспорту значною мірою визначаються технічним станом рухомого складу, своєчасністю його технічного обслуговування і ремонту. Процес організації ремонтного виробництва потребує узгодження технологічних операцій, роботи персоналу, використання обладнання та забезпечення підрозділів необхідними матеріальними ресурсами для забезпечення безперебійного процесу.

Важливою умовою дотримання встановленої тривалості ремонту є своєчасне постачання запасних частин, матеріалів і комплектувальних виробів. Відсутність навіть однієї необхідної деталі може призвести до зупинення складання вузла, порушення послідовності технологічних операцій, простою ремонтної позиції та затримки повернення рухомого складу в експлуатацію.

Планування матеріального забезпечення ремонтних підприємств стає проблематичним тому, що точну потребу в запасних частинах не завжди можна визначити до початку ремонту. Остаточний перелік деталей, які підлягають заміні або відновленню, формується після розбирання, очищення та дефектації складальних одиниць. На жаль, приховані несправності можна виявити тільки під час ремонту, що зумовлює додаткову потребу в матеріальних ресурсах, яка не була передбачена під час попереднього планування. Це збільшує витрати на ремонтні роботи. Водночас застосування однакових правил управління до всієї

номенклатури запасних частин є неефективним: одні позиції потребують постійного контролю та точного планування, інші - достатнього періодичного поповнення. Щодо окремих деталей, то доцільним є їх закупівля відповідно до фактичної потреби. Надмірне накопичення запасів проблеми не вирішує, оскільки збільшує витрати на зберігання, сповільнює обіг коштів і створює ризик морального старіння матеріальних ресурсів [1,2].

Одним із дієвих інструментів диференційованого управління запасними частинами є спільне застосування методів ABC- та XYZ-аналізу. ABC-аналіз дає змогу визначити вартісну цінність окремих позицій, тоді як XYZ-аналіз характеризує стабільність і прогнозованість їх споживання [1]. У європейській практиці вимоги до системи сертифікації організацій, відповідальних за технічне обслуговування залізничних транспортних засобів, визначає Регламент (ЄС) 2019/779 [4].

Мета та завдання дослідження. Метою проведення дослідження є обґрунтування доцільності застосування методів ABC- та XYZ-аналізу для підвищення ефективності управління запасними частинами та забезпечення ритмічності ремонту рухомого складу. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати особливості формування потреби у запасних частинах під час ремонту рухомого складу;
- дати оцінку можливості ABC- та XYZ-аналізу управляти та контролювати матеріальні запаси ремонтного підприємства;
- визначити основні групи запасних частин за результатами поєднання двох методів аналізу;
- запропонувати відповідні підходи до планування, контролю та поповнення запасів;
- проаналізувати ступінь впливу диференційованого управління запасними частинами на організацію ремонтного виробництва та дати оцінку результатам.

Результати дослідження та їх обговорення. ABC-аналіз – це метод класифікації матеріальних ресурсів, що передбачає розподіл запасних частин залежно від їхньої частки у загальній вартості споживання. В основі даного методу покладено принцип Парето або правило 20/80, згідно з яким 20% усіх зусиль або елементів забезпечують 80% загального отриманого результату [1].

У логістиці постачання застосування ABC-аналізу є критично важливим, так як зупинка роботи конвеєра через відсутність будь-якої деталі приведе до великих фінансових втрат. У підсумку такого розподілу сформовані три групи:

A - найбільш цінні за вартістю запасні частини, які потребують постійного контролю, точного планування та регулярного аналізу залишків;

B - запчастини середнього цінового сегмента, для яких варто застосовувати періодичний контроль;

C - численна група відносно недорогих деталей і матеріалів, управління якими може здійснюватися за спрощеною процедурою [1].

Застосування ABC-аналізу дає змогу зосередити основну управлінську увагу на ресурсах, що формують найбільшу частину витрат підприємства. Проте

цей метод не враховує регулярності виникнення потреби у запасних частинах. Наприклад, дорогий вузол може використовуватися лише під час окремих видів ремонту, тоді як відносно недорога деталь може бути потрібною практично для кожної одиниці рухомого складу.

Тому вартісну класифікацію доцільно доповнювати XYZ-аналізом, за допомогою якого запаси розподіляють за стабільністю та прогнозованістю їх споживання:

X - запасні частини зі стабільним споживанням, потребу в яких можна достатньо точно прогнозувати;

Y - запасні частини, споживання яких характеризується певними коливаннями;

Z - запасні частини з нерегулярним, епізодичним або складно прогнозованим споживанням [1].

Поєднання результатів ABC- та XYZ-аналізу дає змогу сформувати дев’ять груп запасних частин: AX, AY, AZ, BX, BY, BZ, CX, CY і CZ. Також для кожної групи доцільно встановлювати окремі принципи та правила планування, контролю і поповнення запасів. Загальні вимоги до створення, підтримання та вдосконалення системи управління активами встановлює ISO 55001:2024 [3].

Запасні частини групи AX мають високу вартість і стабільне споживання. Тому вони потребують постійного контролю, точного визначення потреби та регулярного поповнення. Передбачуваний характер їх використання дає змогу узгоджувати терміни постачання з виробничою програмою ремонту.

Позиції груп AY і AZ також потребують посиленого контролю через високу вартість. Водночас змінне або нерегулярне споживання ускладнює формування їх запасу. Для таких деталей доцільно застосовувати індивідуальне планування, попереднє резервування у постачальника, закупівлю під заплановану програму ремонту або довгострокові договори з визначеними умовами постачання.

Для запасних частин груп BX, BY і BZ можливо застосовувати періодичний контроль. Частота перевірки залишків та способу їх поповнення повинні залежати від стабільності споживання і тривалості виконання замовлення постачальником.

Деталі групи CX характеризуються відносно невисокою вартістю, але використовуються регулярно. Для них доцільно підтримувати постійний запас і здійснювати поповнення укрупненими партіями. Недостатній контроль за даною групою запчастин може спричинити дефіцит матеріалів, що використовуються постійно. У такій ситуації виникає порушення ритмічності ремонтних операцій.

Запасні частини групи CY потребують періодичного контролю та уточнення потреби відповідно до виробничої програми. Для позицій групи CZ, які мають невисоку вартість і використовуються нерегулярно, можуть застосовувати спрощений контроль та закупівлю за фактичною потребою.

Практичне застосування методів ABC- та XYZ-аналізу на підприємстві з ремонту рухомого складу передбачає:

- формування номенклатури запасних частин, які використовуються під час ремонту;

- систематизація даних про діапазон цін і фактичне споживання;

- проведення ABC-аналізу за вартісною цінністю запасних частин;

- проведення XYZ-аналізу як способу контролю за стабільністю їх споживання;

- формування поєднаної матриці ABC/XYZ.

- вибір відповідного способу планування, контролю та поповнення запасів для кожної групи.

- періодичний перегляд отриманих результатів з урахуванням змін виробничої програми і структури ремонтів.

Інформаційною основою такого аналізу мають виступати дані складського обліку, ремонтні відомості, результати дефектації, виробнича програма підприємства, відомості про фактичне використання запасних частин та строки виконання замовлень постачальниками. Результати класифікації доцільно інтегрувати в інформаційну систему ремонтного підприємства. Це сприятиме автоматизації контролю залишків, своєчасному формуванню замовлень та узгодженню постачання з технологічним графіком ремонту.

ABC/XYZ - аналіз не слід розглядати як разову процедуру. Структура споживання запасних частин змінюється залежно від видів і обсягів ремонту, технічного стану рухомого складу, характеру виявлених несправностей, сезонності та надійності постачальників. Тому розподіл запасних частин за групами необхідно періодично переглядати й уточнювати.

Спільне застосування методів ABC- та XYZ-аналізу дає змогу перейти від однакового управління всією номенклатурою запасних частин до диференційованого підходу. Це створює передумови для зменшення ризику дефіциту необхідних деталей, скорочення надлишкових запасів і кращого узгодження матеріального забезпечення з технологічним процесом ремонту.

Висновки. Логістичне забезпечення є важливою складовою організації ремонту рухомого складу, оскільки наявність необхідних запасних частин безпосередньо впливає на безперервність технологічних операцій і тривалість ремонтного циклу. Застосування методів ABC- та XYZ-аналізу в управлінні запасними частинами сприятиме підвищенню обґрунтованості логістичних рішень, зменшенню ризику дефіциту необхідних деталей, скороченню надлишкових запасів і забезпеченню ритмічної роботи підприємств із ремонту рухомого складу.

Список використаних джерел

1. Крикавський Є. В. Логістика. Основи теорії: підручник. Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2004. 416 с.
2. Окландер М. А. Логістична система підприємства: монографія. Одеса: Астропринт, 2004. 312 с.

3. ISO 55001:2024. Asset management — Asset management system — Requirements.
4. Commission Implementing Regulation (EU) 2019/779 of 16 May 2019 laying down detailed provisions on a system of certification of entities in charge of maintenance of vehicles.

ФОРМУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАЛОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МОРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Щербина Ольга Василівна
к.т.н., доцент
Кафедра експлуатації флоту і технології морських перевезень,
Одеський національний морський університет, Україна
https://orcid.org/0000-0002-9247-5972
Мельник Олена Михайлівна
аспірант
Кафедра навігації та управління судном
Херсонська державна морська академія, Україна
https://orcid.org/0009-0001-5893-5955

Актуальність дослідження. Поряд із традиційними завданнями забезпечення ефективності перевезень сучасний розвиток морського транспорту відбувається в умовах посилення вимог щодо зменшення негативного впливу транспортної діяльності на навколишнє середовище. Дедалі більшого значення набувають скорочення атмосферних викидів, підвищення енергоефективності, обмеження забруднення морського середовища та раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів. Унаслідок цього екологічні характеристики стають невід'ємною складовою оцінювання функціонування морських транспортних систем.

Водночас екологічну сталість не можна визначати лише за окремими показниками викидів або споживання палива. Морська транспортна система виконує певну транспортну функцію, тому зміна її екологічних характеристик безпосередньо пов'язана з режимами експлуатації суден, параметрами маршрутів, обсягами перевезень, використанням енергетичних ресурсів та організацією транспортних процесів. Зменшення одного виду впливу при цьому може супроводжуватися зміною інших експлуатаційних або екологічних параметрів.

Вказане обумовлює необхідність комплексного представлення екологічної сталості, яке враховує не тільки величину окремих негативних впливів, але й здатність транспортної системи виконувати задану функцію в межах

установлених екологічних обмежень. Відповідно, оцінювання доцільно здійснювати на основі системи взаємопов'язаних критеріїв, що характеризують основні напрями екологічного впливу та умови функціонування морського транспорту.

Метою дослідження є формування системи критеріїв екологічної сталості функціонування морських транспортних систем на основі узгодженого врахування екологічних, енергетичних та експлуатаційних параметрів транспортного процесу.

Виклад основного матеріалу. Екологічна сталість морської транспортної системи формується в процесі її експлуатації та залежить від сукупності параметрів, що характеризують виконання транспортної функції, використання енергетичних ресурсів і вплив на навколишнє середовище. Тому її оцінювання потребує переходу від аналізу окремих екологічних показників до системи критеріїв, які дозволяють одночасно враховувати різні аспекти функціонування морського транспорту.

Вихідною умовою формування таких критеріїв є збереження транспортної функції системи. Екологічне покращення не повинно розглядатися ізольовано від обсягу виконаної транспортної роботи, тривалості перевезення, режиму експлуатації судна та витрат ресурсів. У зв'язку з цим однакові абсолютні значення викидів або споживання палива можуть характеризувати різний рівень екологічної сталості залежно від фактичних умов експлуатації.

Для комплексного оцінювання доцільно виділити чотири взаємопов'язані групи критеріїв: емісійні, енергетичні, екологічні та експлуатаційні. Емісійні критерії характеризують утворення та викиди забруднювальних речовин і парникових газів у процесі експлуатації суден. Енергетичні критерії відображають витрати палива й енергії та ефективність їх використання під час виконання транспортної роботи.

Екологічні критерії характеризують вплив експлуатації транспортної системи на морські екосистеми. Вони враховують скиди забруднювальних речовин, ризик забруднення акваторій, наслідки баластних операцій, утворення відходів та інші види антропогенного навантаження. Експлуатаційні критерії пов'язують зазначені характеристики з фактичними параметрами транспортного процесу: швидкістю руху, протяжністю маршруту, завантаженням судна, тривалістю рейсу та режимами роботи енергетичної установки.

Таким чином, окремий екологічний показник характеризує лише певну сторону функціонування системи і не може бути достатньою основою для висновку щодо її екологічної сталості. Необхідним є спільне врахування параметрів, які характеризують результат транспортної роботи, ресурсні витрати та сформований при цьому екологічний вплив.

Концептуальну структуру формування критеріїв екологічної сталості функціонування морських транспортних систем доцільно представити на рис. 1.

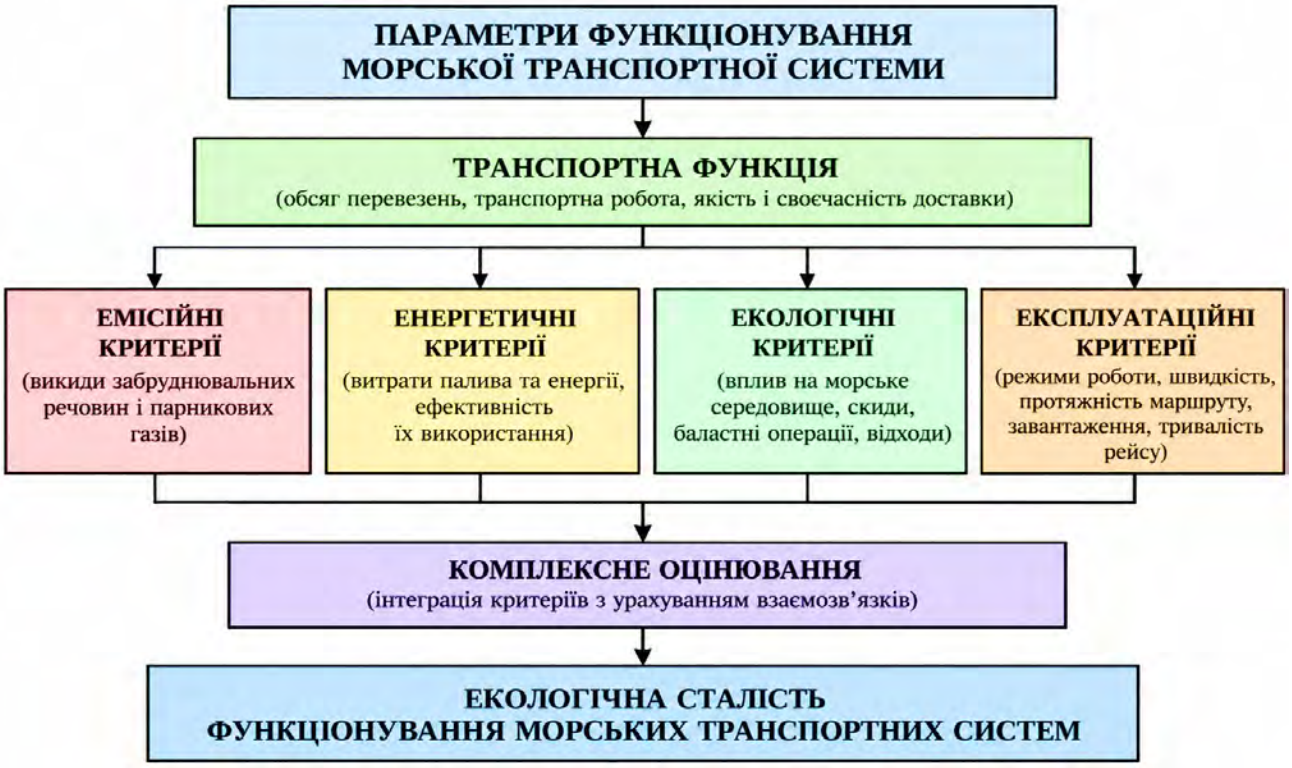


Рисунок 1 – Концептуальна структура формування критеріїв екологічної сталості функціонування морських транспортних систем

Сформовані групи критеріїв визначають склад показників, однак для практичного оцінювання екологічної сталості необхідно встановити послідовність їх використання. Початковим етапом є формування набору вихідних даних, що характеризують транспортну роботу, режим експлуатації, витрати паливно-енергетичних ресурсів та відповідні види екологічного впливу.

Наступним етапом є визначення фактичних значень показників та їх приведення до форми, придатної для порівняльного оцінювання. Це необхідно через різну фізичну природу та розмірність показників. При цьому оцінювання повинно здійснюватися відносно заданого обсягу транспортної роботи або відповідних експлуатаційних параметрів, що дозволяє виключити некоректне порівняння систем, які функціонують за різних умов.

Після підготовки вихідних даних здійснюється послідовне оцінювання за сформованими групами критеріїв. Отримані результати дозволяють встановити, за якою складовою виникає погіршення характеристик системи та якими експлуатаційними або ресурсними параметрами воно обумовлене. На завершальному етапі результати окремих оцінок узагальнюються для визначення екологічної сталості функціонування морської транспортної системи.

Алгоритм оцінювання доцільно представити на рис. 2.

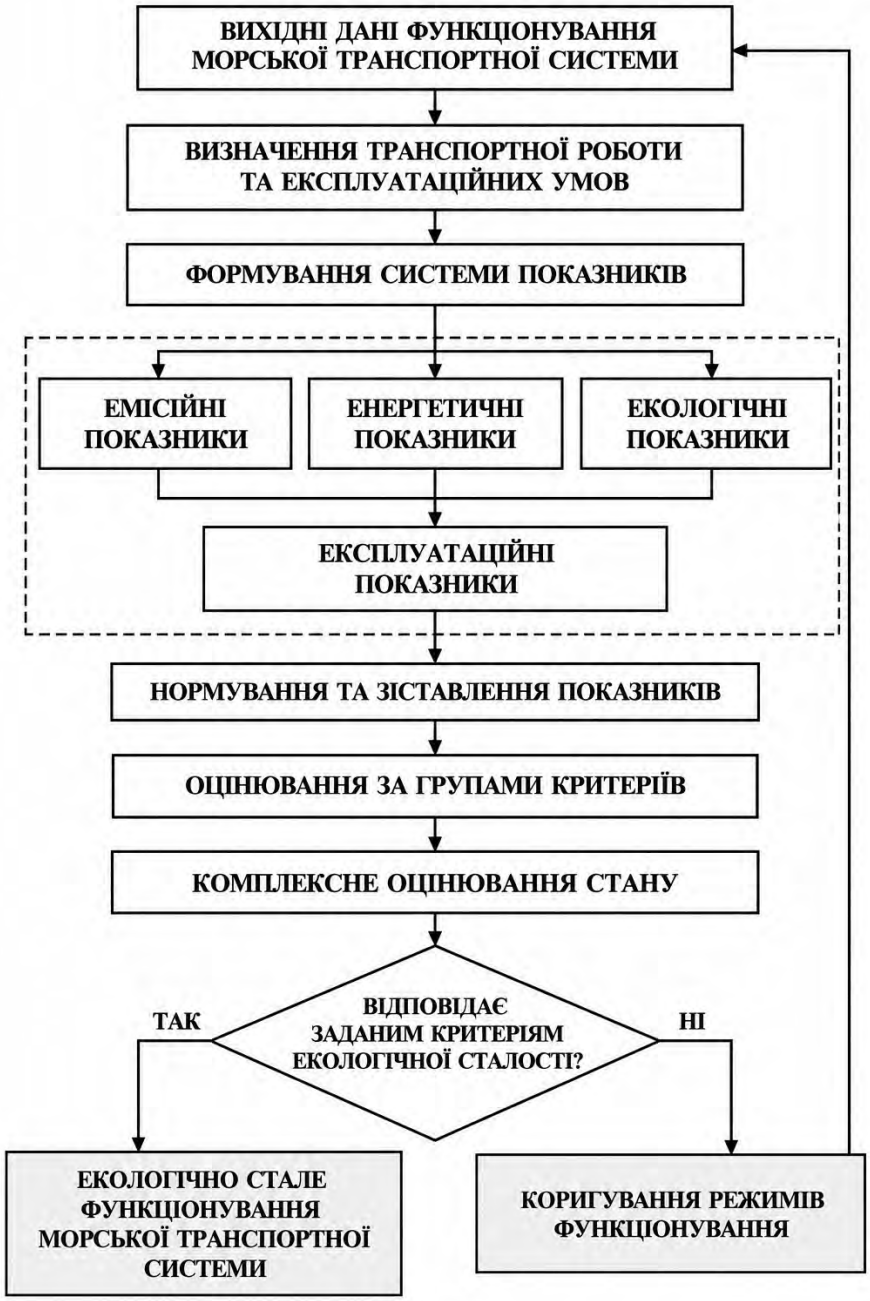


Рисунок 2 – Алгоритм оцінювання екологічної сталості функціонування морської транспортної системи

Запропонований алгоритм забезпечує послідовний перехід від вихідних параметрів функціонування морської транспортної системи до комплексного оцінювання її екологічної сталості. Принциповим є не лише встановлення відповідності сформованим критеріям, але й можливість визначення складової, за якою виникає відхилення, з подальшим коригуванням відповідних режимів функціонування. Наявність зворотного зв’язку дозволяє розглядати оцінювання екологічної сталості як складову безперервного процесу управління морською транспортною системою.

Висновки. У роботі сформовано систему критеріїв екологічної сталості функціонування морських транспортних систем, яка охоплює емісійні, енергетичні, екологічні та експлуатаційні складові. Їх спільне використання дозволяє враховувати не лише рівень негативного впливу на навколишнє середовище, але й умови виконання транспортної роботи та витрати паливно-енергетичних ресурсів.

Запропоновано послідовність оцінювання екологічної сталості, що передбачає формування вихідних даних, визначення та нормування показників, їх оцінювання за окремими групами критеріїв і подальше комплексне узагальнення отриманих результатів.

Використання зворотного зв'язку між результатами оцінювання та коригуванням режимів функціонування створює основу для підтримання екологічно сталого стану морської транспортної системи під час її експлуатації.

Список використаних джерел

1. Tuğdemir Kök, G., Celik, M. S., & Koc, E. (2025). Evaluating IMO 2030 strategies for environmental sustainability in maritime transportation using ANP method. Marine Pollution Bulletin, 215, 117847. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.117847
2. Xu, K., Brito, M. P., & Beullens, P. (2025). Multi-criteria feature selection on maritime emission abatement alternatives. Research in Transportation Business & Management, 59, 101288. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2025.101288
3. Battal, T. (2026). Decision support for sustainable maritime transportation under multiple objectives. Research in Transportation Business & Management, 68, 101798. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2026.101798
4. Schwartz, H., & Urban, F. (2026). Decarbonizing maritime shipping: A comparative analysis of sustainable energy transitions in Finland and Sweden. Energy Research & Social Science, 136, 104714. https://doi.org/10.1016/j.erss.2026.104714
5. Martić, I., Degiuli, N., Grlj, C. G., Momčilović, N., & Zhang, M. (2026). Benchmarking energy efficiency and regulatory compliance of ferries: A fleet-scale EEXI and EEDI assessment. Ocean Engineering, 368, 128319. https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2026.128319
6. Sarıışık, G., Özkan, Y., & Göncü, B. (2026). A PCA-based composite sustainability measure for maritime logistics: A diagnostic machine learning assessment for Türkiye. Research in Transportation Business & Management, 69, 101825. https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2026.101825
7. Balcombe, P., Brierley, J., Lewis, C., Skatvedt, L., Speirs, J., Hawkes, A., & Staffell, I. (2019). How to decarbonise international shipping: Options for fuels, technologies and policies. Energy Conversion and Management, 182, 72-88. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.12.080

Section: Management, Public Administration and Administration

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.006.212-216

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ ВИКЛИКІВ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МІЖНАРОДНИХ МОДЕЛЕЙ ТА СТРАТЕГІЧНІ ОРІЄНТИРИ ДЛЯ УКРАЇНИ

Литвишко Л.О.
к.е.н., доцент
Кафедра менеджменту
https://orcid.org/0000-0001-9315-046X
Височило І.В.
здобувач вищої освіти бакалаврського рівня
https://orcid.org/0009-0001-6490-758X
Національний транспортний університет, Україна

У вересні 2015 року Генеральна Асамблея Організації Об'єднаних Націй ухвалила підсумковий документ Саміту ООН «Перетворення нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року», яким затверджено 17 Цілей сталого розвитку (ЦСР) та 169 підпорядкованих завдань [3]. Цей глобальний консенсус виходить із принципу нерозривності економічного зростання, соціальної інклюзії та екологічної безпеки. В Україні ключовим етапом інституціоналізації та націоналізації цих орієнтирів стало ухвалення Указу Президента України від 30 вересня 2019 року №722/2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» [1]. Згідно якого, ЦСР визначено базисом для розроблення проєктів прогнозних і програмних документів, державних цільових програм, законів та інших нормативно-правових актів [1, 2].

Серед 17 глобальних цілей особливе міжсекторальне значення мають ЦСР 7 («Доступна та чиста енергія») та ЦСР 13 («Боротьба зі зміною клімату») [3, 5]. Енергетичний сектор генерує понад дві третини глобальних викидів парникових газів, що робить структурну трансформацію енергосистем головною передумовою стримування глобального потепління відповідно до Паризької кліматичної угоди [5]. Повномасштабна збройна агресія проти України суттєво ускладнила реалізацію національних завдань ЦСР, спричинивши критичні руйнування понад 50% енергетичних потужностей держави [2]. У цьому контексті особливої актуальності набуває дослідження міжнародного досвіду реалізації ЦСР 7 та 13 для формування стійкої моделі відбудови вітчизняної паливно-енергетичної інфраструктури [2, 5].

Дослідження спирається на принципи наукової об'єктивності, системного аналізу, порівняльного правознавства та міжкраїнового бенчмаркінгу. Використано нормативно-правові акти України [1], Національну доповідь щодо ЦСР [2], офіційні звіти Мережі рішень для сталого розвитку ООН (SDSN) [4], аналітичні доповіді Міжнародного енергетичного агентства (IEA) [5], Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD), а також актуальні стратегічні плани та Національні енергетичні і кліматичні плани (NECP) держав-членів Європейського Союзу [6, 7, 8, 10].

Інституційні засади націоналізації ЦСР в Україні передбачають дворівневу систему моніторингу й адаптації [1, 2]: держава має дотримуватися принципу «нікого не залишити осторонь» [1] для забезпечення інтеграції показників ЦСР у державні галузеві стратегії [2]. Водночас воєнні події викрили вразливість надмірно централізованої монополізованої енергетики, що потребує перегляду цільових індикаторів ЦСР 7 у бік децентралізації, автономії місцевих громад й прискореного впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) [2, 5].

Глобальний досвід реалізації ЦСР 7 та ЦСР 13 демонструє значну варіативність інструментів залежно від природно-ресурсного потенціалу, структури економіки та інституційної спроможності держав. Для глибокого аналізу у дослідженні виокремлено репрезентативні моделі, що охоплюють провідні економіки світу та країни Центрально-Східної Європи [4, 5, 6, 8, 10].

Модель 1. Лідери європейського екологічного переходу (Швеція та Франція)

Швеція виступає беззаперечним світовим лідером у загальному рейтингу досягнення ЦСР (SDG Index: 85.7 балів) [4]. Країна забезпечила 100% доступ населення до чистої електроенергії, а частка ВДЕ у підсумковому енергоспоживанні перевищує 60% [4, 5]. Ключовими чинниками успіху є комбінація гідроелектроенергії, біомаси та вітрової генерації, підкріплена найвищим у світі податком на викиди вуглецю (понад 110 євро/т CO2) [4, 5]. Швеція зафіксувала нормативну ціль досягнення повної кліматичної нейтральності до 2045 року [4].

Франція реалізує унікальну низьковуглецеву модель, де близько 65–70% електроенергії забезпечується атомними електростанціями, що гарантує один із найнижчих показників викидів CO2 на душу населення серед розвинених країн [5, 6, 7]. Відповідно до Закону про енергію та клімат й Національної низьковуглецевої стратегії (SNBC-3), Франція юридично зобов'язана досягти вуглецевої нейтральності до 2050 року та скоротити викиди парникових газів на 50% до 2030 року порівняно з 1990 роком [6, 7]. Нова програма передбачає як будівництво нових атомних реакторів EPR2, так і масштабне прискорення розгортання сонячних й вітрових станцій, що дозволяє поєднувати високу базову надійність із гнучкістю ВДЕ [6, 7].

Модель 2. Трансформація енергоємних економік (Німеччина та Китай)

Німеччина реалізує наймасштабніший концептуальний експеримент з енергетичної трансформації — «Energiewende» [8, 9]. Після завершення повної

відмови від атомної енергетики у 2023 році, у вересні 2026 року Уряд Німеччини затвердив офіційну «Дорожню карту виходу з викопного палива до 2045 року», встановивши нормативне зобов'язання повністю припинити використання вугілля, нафти та природного газу до 2045 року [8]. До 2030 року частка ВДЕ в електроенергетиці має зрости з 55% до 80% [8, 9]. Офіційну дату відмови від вугілля закріплено на 2038 рік з можливістю прискорення до 2035 року [8]. Проте німецький досвід ілюструє виклики високої цінової волатильності та потреби у суттєвому імпорті природного газу як перехідного палива [8, 9].

Китай являє собою масштабний дуалістичний приклад (SDG Index: ~72 бали) [4, 5]. З одного боку, КНР є абсолютним світовим лідером за абсолютними обсягами введення сонячних і вітрових потужностей та виробництвом обладнання для зеленої енергетики [5]. З іншого боку, понад 60% електроенергобалансу країни досі базується на вугільній генерації [5]. Китай задекларував проходження піку викидів до 2030 року та досягнення кліматичної нейтральності до 2060 року, що вимагає колосальних структурних зрушень у важкій промисловості [5].

Модель 3. Вугільна трансформація у регіоні Центрально-Східної Європи (Польща)

Польща унаслідувала від радянської доби високу залежність від вугілля, яке у 2024 році забезпечувало близько 57–63% генерації електроенергії [10, 11]. У межах Енергетичної політики Польщі до 2040 року (PEP2040) та зобов'язань за Європейським зеленим курсом, країна здійснює концептуальну зміну у бік диверсифікації [10, 11]. Стратегія передбачає поступове закриття вугільних шахт до 2049 року у межах програм Справедливої трансформації (Just Transition) [10]. Для заміщення вугільних потужностей Польща розгортає масштабні проєкти будівництва вітропарків у Балтійському морі (за участю компаній ORLEN та PGE) і планує введення в експлуатацію першої атомної електростанції у 2033 році [10, 11]. У короткостроковій перспективі природний газ використовується як ключове перехідне паливо для забезпечення системної гнучкості [11].

Український контекст реалізації ЦСР 7 та 13 докорінно відрізняється від усіх розглянутих моделей через фактор повномасштабної війни [1, 2]. Збройні атаки на об'єкти енергогенерації та магістральні мережі призвели до знищення або окупування понад 50% маневрових ГЕС/ТЕС та найбільшої в Європі Запорізької АЕС [2]. Це створило хронічний дефіцит потужностей та загрозу енергетичному колапсу.

Водночас критична ситуація сформувала вимушене, але стратегічно важливе «вікно можливостей» для кардинальної перебудови галузі [2, 12]. Відбудова зруйнованої застарілої радянської вугільної генерації є економічно недоцільною та кліматично шкідливою [2, 5]. Стратегічний вектор України полягає у реалізації міжнародного принципу «Build Back Better» («Відбудувати краще, ніж було») [2, 12].

У таблиці 1 систематизовано результати порівняльного аналізу за основними індикаторами ЦСР 7 та 13 для досліджуваних країн.

Основними напрямами цієї концепції є:

1. Децентралізація та розбудова Smart Grids: перехід від великих вразливих електростанцій до локальних розподілених джерел (сонячні станції на дахах лікарень, шкіл, водоканалів із системами накопичення енергії BESS), що забезпечує високу воєнно-цивільну стійкість [2, 5].

2. Синергія АЕС та ВДЕ: збереження атомної енергетики як стабільного низьковуглецевого базису із паралельним швидким розгортанням вітрових і сонячних парків за прикладом французької та польської моделей [6, 10, 12].

3. Повна інтеграція до європейського ринку (ENTSO-E): гармонізація українського законодавства із вимогами Європейського зеленого курсу, розширення пропускної спроможності міждержавних перетинів й участь у механізмах вуглецевого коригування імпорту (CBAM) [2, 6, 10].

Таблиця 1 - Зведений порівняльний аналіз моделей імплементації ЦСР 7 та ЦСР 13

Країна / Показник	Статус ЦСР 7 (Енергетика)	Цілі ЦСР 13 (Клімат)	Ядерний та ВДЕ вектор	Ключові виклики та інструменти
Швеція (SDG Index: 85.7)	100% доступ; ВДЕ > 60%	Кліматична нейтраль-ність до 2045 р.	Гідро + ВДЕ + АЕС (баланс)	Найвищий вуглецевий податок (>110 €/т); виклик — імпортовані викиди [4, 5]
Франція (SDG Index: ~82)	100% доступ; Низько-вуглецева	Нейтральність до 2050 р.; -50% до 2030 р.	АЕС ~65-70% + прискорення ВДЕ	Модернізація АЕС (EPR2), Закон про енергію та клімат (SNBC-3) [6, 7]
Німеччина (SDG Index: ~81)	100% доступ; ВДЕ 55% -> 80%	Фосильний фазаут до 2045 р.	Повна відмова від АЕС; 215 ГВт сонячної	Energiewende, вихід з вугілля до 2035-2038 рр., волатильність цін [8, 9]
Китай (SDG Index: ~72)	100% доступ; Світовий лідер ВДЕ	Пік викидів 2030; Нейтральність 2060	Масштабування ВДЕ + будівництво АЕС	Вугілля забезпечує >60% генерації; висока енергоємність [4, 5]
Польща (SDG Index: ~78)	100% доступ; Вугільна трансфор-мація	Нейтраль-ність ЄС до 2050 р. (PEP2040)	Перша АЕС у 2033 р. + Офшорний вітер	Вихід з вугілля до 2049 р. (Just Transition), дефіцит мережевих потужностей [10, 11]
Україна (Воєнний стан)	Криза; втрата >50% генерації	Build Back Better; адаптація до ЄС	Децентралі-зація ВДЕ + АЕС як базис	Руйнування критичної інфраструктури, залучення грантів ЄС, Smart Grids [1, 2, 5]

Таким чином, Указ Президента України від 30.09.2019 №722/2019 створив нормативну основу для націоналізації ЦСР, однак виклики війни вимагають корегування цільових індикаторів із акцентом на безпеку та гнучкість [1, 2].

Порівняльний аналіз п’яти міжнародних моделей показав, що найефективніші результати досягаються за умов комбінування низьковуглецевого базового навантаження (АЕС у Франції, ГЕС у Швеції) із динамічним розвитком ВДЕ (Німеччина) та чіткими графіками виходу з вугільної генерації (Польща) [4, 6, 8, 10].

Для України важливим є ухвалення стимулюючого законодавства для розвитку малої децентралізованої генерації громадами; залучення міжнародного цільового фінансування під зелені зобов’язання; підготовка висококваліфікованих кадрів та інноваційних мереж Smart Grids [1, 2, 12].

Список використаних джерел

1. Верховна Рада України. (2019, 30 вересня). Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року (Указ Президента України № 722/2019). База даних «Законодавство України». https://zakon.rada.gov.ua/go/722/2019
2. Глобальний договір ООН в Україні. (б. д.). 17 Цілей сталого розвитку. https://globalcompact.org.ua/tsili-stijkogo-rozvytku/
3. Кабінет Міністрів України. (2024). Про затвердження Стратегії зеленої відбудови енергетичного сектору України за принципом Build Back Better (Постанова № 142). Урядовий кур’єр.
4. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. (Ред.). (2017). Цілі сталого розвитку: Україна. Національна доповідь. МЕРТ.
5. Agora Energiewende. (2024). Towards a climate-neutral Germany by 2045: Strategies and policy frameworks for industry and energy. Agora Energiewende.
6. European Commission. (2024). Assessment of the final updated National Energy and Climate Plan (NECP) of France. European Commission. https://webgate.ec.europa.eu/circabc-ewpp/d/d/workspace/SpacesStore/fd7fd10c-e877-485a-b5e3-c3072615be85/details
7. Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action. (2026). Roadmap for transitioning away from fossil fuels by 2045. German Federal Government. https://www.bmwk.de/
8. Forum Energii. (2024). Understanding EU’s and Poland’s renewable energy goals: Report on PEP2040 and Baltic wind. Forum Energii.
9. International Energy Agency. (2024). World energy outlook & SDG 7 progress report. IEA Publications. https://www.iea.org/reports/sdg7-data-and-projections
10. Ministère de la Transition Énergétique. (2024). France’s National Low-Carbon Strategy (SNBC-3) and Energy-Climate Law Framework. Gouvernement Français. https://www.agenda-2030.fr/en/the-17-goals/article/sdg7
11. Ministry of Climate and Environment of Poland. (2023). Energy policy of Poland until 2040 (PEP2040). Government of Poland. https://www.iea.org/policies/12882-energy-policy-of-poland-until-2040-pep2040
12. Sustainable Development Solutions Network. (2024). Sustainable Development Report 2024: Sustainable Development Goals index and dashboards. SDSN. https://dashboards.sdgindex.org/

УДОСКОНАЛЕННЯ КОМУНІКАЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

(на прикладі Тернопільської обласної ради)

Бенедига Тетяна
здобувачка вищої освіти магістерського рівня
Кафедра менеджменту, публічного управління та персоналу
Західноукраїнський національний університет, Україна

Сучасні безпекові та суспільно-політичні виклики в Україні вимагають від органів місцевого самоврядування (ОМС) якісно нового рівня взаємодії з населенням. Ефективні комунікації є фундаментом не лише для поінформованості суспільства та зростання довіри до влади, а й для підсилення соціальної згуртованості, стимулювання інновацій та створення умов для сталого розвитку територій [1]. Водночас у практиці муніципального управління переважають односторонні комунікаційні моделі, які обмежують залучення громадян до процесів місцевого розвитку. Це зумовлює необхідність переходу від пасивного інформування до розбудови дієвого цифрового діалогу між владою та громадами.

Комунікаційна політика ОМС вимагає чіткого поєднання сервісного вектора (електронного урядування) та партисипативної складової (електронної демократії – залучення мешканців до прийняття рішень), що відповідає загальнонаціональним пріоритетам цифрової трансформації [3; 5]. Комунікаційна діяльність Тернопільської обласної ради забезпечує базовий рівень відкритості та виконання вимог щодо доступу до публічної інформації [2]. Водночас розвиток цифрового середовища потребує постійного вдосконалення.

Пріоритетними напрямами підвищення ефективності комунікацій обласної ради мають стати: розширення інтерактивних інструментів зворотного зв’язку; впровадження елементів стратегічного планування в комунікаційну діяльність установи; активізація роботи в соціальних мережах та залучення мешканців громад через оновлення сторінки у Facebook, розширення присутності в нових соціальних мережах та використання сучасних форматів (Reels/Shorts, Stories, інфографіки); формування єдиного візуального стилю для забезпечення впізнаваності установи; а також підсилення внутрішніх комунікацій і підвищення кваліфікації працівників.

Отже, в умовах цифровізації публічного сектору комунікаційна політика органів місцевого самоврядування має трансформуватися з формального каналу сповіщення у гнучкий простір прозорої та двосторонньої взаємодії. Комплексне оновлення цифрових інструментів Тернопільської обласної ради та реалізація запропонованих підходів дозволять оптимізувати інформаційну діяльність установи, покращити якість діалогу з мешканцями та підсилити залученість громади до прийняття управлінських рішень.

Список використаних джерел

1. Посібник з питань комунікацій : практ. посіб. для ОМС / Програма «U-LEAD з Європою». Київ, 2020. 60 с. URL: https://www.decentralization.ua/uploads/library/file/884/4.G_009_ChangeCom_3a_General_Com_manual.pdf (дата звернення: 25.07.2026).
2. Про доступ до публічної інформації : Закон України від 13 січ. 2011 р. № 2939-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2939-17#Text (дата звернення: 25.07.2026).
3. Про схвалення Стратегії цифрового розвитку інноваційної діяльності України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025–2027 роках : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 31 груд. 2024 р. № 1351-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1351-2024-%D1%80#Text (дата звернення: 25.07.2026).
4. Розроблення комунікаційної стратегії для органів місцевого самоврядування : практ. посіб. Децентралізація : вебпортал. 2024. URL: https://decentralization.ua/library/951 (дата звернення: 20.07.2026).
5. Шпекторенко І. В. Комунікації в публічному управлінні : навч. посіб. Дніпро : НТУ «ДП», 2024. 85 с.

ПРОБЛЕМИ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ У ЗАБЕЗПЕЧЕНІ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

Пухкал Олександр
д. н. з держ. упр., професор
Лосенко Олександр
здобувач вищої освіти магістерського рівня
Житомирський державний університет
імені Івана Франка, Україна

Анотація. У роботі проаналізовано теоретичні та прикладні аспекти функціонування публічного управління в забезпеченні конкурентоспроможності територіальних громад в умовах децентралізації. Обґрунтовано роль інноваційних маркетингових інструментів, цифрових технологій та інституційної спроможності органів місцевого самоврядування як ключових чинників зміцнення інвестиційної привабливості та сталого розвитку громад.

Ключові слова: децентралізація, конкурентоспроможність, публічне управління, сталий розвиток, територіальна громада, цифровізація.

У сучасних умовах децентралізації проблема забезпечення конкурентоспроможності територіальних громад набуває пріоритетного значення для сталого розвитку держави в цілому. Публічне управління на місцевому рівні трансформується з суто адміністративної функції у складний

механізм стратегічного менеджменту, спрямований на залучення інвестицій, утримання людського капіталу та брендингу території. Однак ефективність цього процесу стримується низкою системних проблем.

Сучасні підходи розглядають поняття конкурентоспроможності територіальних громад крізь призму можливостей громади реалізовувати стратегічні проєкти розвитку, використовуючи переваги бюджетної автономії та інструменти залучення зовнішніх інвесторів. Зокрема, найбільш поширеним, на думку О. Подзілей, є визначення, згідно з яким конкурентоспроможність визначається як потенціал території акумулювати інвестиційні, матеріальні та нематеріальні ресурси для забезпечення сталого економічного зростання. Кінцевою метою такої діяльності є підвищення якості життя місцевого населення та зміцнення життєздатності громади. Відтак, досягнення високих показників у конкурентному середовищі безпосередньо залежить від раціонального використання наявної ресурсної бази, що охоплює фінансовий, кадровий, природноресурсний та інфраструктурний потенціали території [3, с. 14-15].

Незважаючи на значний потенціал зростання конкурентоспроможності, територіальні громади стикаються з комплексом деструктивних чинників, що стримують їхній розвиток. Н. Керецман визначає, що фінансова сфера характеризується обмеженістю бюджетних ресурсів, що ускладнює надання якісних соціальних та інфраструктурних послуг. Управлінський аспект ускладнюється розширенням повноважень у межах децентралізації, що потребує нових підходів до забезпечення фінансової стійкості та налагодження комунікації в громадах. Кадровий дефіцит, зумовлений міграцією молоді та кваліфікованих фахівців, негативно впливає на економічний стан територій і спричиняє демографічні деформації. Соціально-економічну стабільність додатково підривають наслідки пандемії COVID-19 та воєнні дії, що призвели до занепаду підприємництва, скорочення торгівлі, туризму та обмеження доступу до базових освітніх і медичних послуг. Екологічні загрози, пов’язані з накопиченням відходів, та високий ступінь зношеності інженерно-транспортної інфраструктури суттєво знижують якість життєвого простору. Окремим викликом є криза взаємодії між органами влади та населенням, що разом із міграційними процесами може провокувати соціальну напруженість і перешкоджати ефективній інтеграції різних груп мешканців у єдиний простір громади [2, с. 35].

Повномасштабна військова агресія, що розпочалася 24 лютого 2022 р., докорінно трансформувала умови функціонування територіальних громад України, спричинивши безпрецедентні загрози для їхньої фінансової, економічної та соціальної стабільності. Бойові дії призвели до масштабних руйнувань критичної інфраструктури та значних демографічних змін: частина громад зіткнулася з відтоком населення, тоді як інші стали центрами прийняття внутрішньо переміщених осіб, що суттєво підвищило навантаження на місцеві системи життєзабезпечення. Як зазначають дослідники Л. Квасній, З. Квасній та Ю. Даниленко, економічна нестабільність та спад ділової активності зумовили скорочення податкових надходжень, створюючи дефіцит ресурсів як на

загальнодержавному, так і на місцевому рівнях. Водночас сформована в ході реформи децентралізації фінансова автономія стала ключовим чинником стійкості, дозволивши органам місцевого самоврядування адаптуватися до екстремальних умов, забезпечити безперервність управління та підтримати стабільність фінансової системи територій навіть у період воєнного стану [1, с. 51-52].

В умовах сучасної ринкової трансформації територіальні громади дедалі активніше використовують інструменти маркетингу для ідентифікації власних конкурентних переваг та підвищення ефективності управлінських рішень. Формування та впровадження маркетингових стратегій розвитку дозволяє громадам досягти низки стратегічних цілей, зокрема через створення та просування унікальних місцевих брендів, які підкреслюють самобутність території. Важливим аспектом цього процесу є налагодження конструктивного партнерства з приватним сектором для залучення капіталу й експертного досвіду в місцеві бізнес-проєкти. Використання сучасних технологій забезпечує глибший аналіз ринкової кон'юнктури та оптимізацію процесів надання послуг.

Застосування інноваційних маркетингових інструментів у межах територіального розвитку виступає ключовим чинником зміцнення конкурентоспроможності сучасних громад. Досвід європейських держав демонструє високу ефективність поєднання публічно-приватного партнерства та маркетингу відносин для стимулювання соціально-економічного поступу територій. Як зазначає Т. Цапик, інтеграція маркетингових технологій у систему публічного управління дозволяє розв'язати низку стратегічних завдань. Зокрема, це забезпечує формування об'єктивної інформаційної бази щодо ресурсного потенціалу та демографічних трендів громади, а також дає змогу впроваджувати раціональні методи ціноутворення на місцеві ресурси й послуги для всіх категорій споживачів та інвесторів. Окрім того, маркетинговий підхід сприяє розбудові впізнаваного територіального бренду, що безпосередньо підвищує інвестиційну та туристичну привабливість місцевості [5, с. 33-34]. У підсумку такі заходи створюють умови для сталого зростання загального рівня конкурентоспроможності територіальної громади.

Крім того, у сучасних умовах цифровізація стає ключовим фактором конкурентоспроможності територіальної громади, що реалізується через впровадження геоінформаційних систем, відкритих даних та спеціалізованих електронних сервісів для бізнесу. Застосування цифрових платформ забезпечує високу прозорість управлінської діяльності, оптимізує канали комунікації з інвесторами та створює підґрунтя для прийняття обґрунтованих рішень на основі глибокого аналізу даних. А функціонування систем моніторингу та оцінювання ефективності цифрових інструментів дозволяє органам влади оперативно коригувати стратегічні програми розвитку, орієнтуючись на фактичні соціально-економічні показники та результативність ініціатив [4, с. 110].

Дослідники Ю. Романюк та К. Бліщук наголошують на тому, що інституційна спроможність органів місцевого самоврядування є визначальним фактором їхньої здатності інтегрувати розрізнені управлінські інструменти в

цілісну та ефективну систему. Водночас низький рівень координації між структурними підрозділами, дефіцит кваліфікованого персоналу та відсутність дієвих механізмів моніторингу результативності суттєво обмежують можливості управлінського впливу. Такі інституційні бар'єри знижують загальну ефективність реалізації стратегій місцевого економічного розвитку, перешкоджаючи раціональному використанню наявного потенціалу громади [4, с. 110]. Так, успіх громади визначається не лише наявністю ресурсів, а здатністю її управлінського апарату професійно та злагоджено ними керувати.

Висновки. Таким чином, конкурентоспроможність територіальної громади визначається її здатністю ефективно акумулювати внутрішні ресурси та адаптуватися до кризових зовнішніх чинників, спричинених військовою агресією. Основними перешкодами для сталого зростання є інституційна слабкість, демографічні втрати та критичне зношення інфраструктури, що потребує переходу від адміністративного управління до моделі стратегічного маркетингу. Пріоритетними напрямами підвищення конкурентних переваг визначено цифровізацію управлінських процесів, розбудову впізнаваних територіальних брендів та посилення публічно-приватного партнерства для залучення інвестицій.

Список використаних джерел

1. Квасній Л., Квасній З., Даниленко Ю. Проблеми управління фінансовим забезпеченням розвитку територіальних громад в Україні. Публічне управління і політика. 2025. № 1(5). С. 47–57.
2. Керецман Н. Аналіз чинників впливу на розвиток і підвищення конкурентоспроможності територіальних громад. 2022. № 4. С. 33–39.
3. Подзізей О., Шматковська Т. Теоретичні засади відновлення конкурентоспроможності територіальних громад і регіонів. Галицький економічний вісник. 2022. № 3. С. 12–18.
4. Романюк Ю., Бліщук К. Інструменти публічного управління місцевим економічним розвитком. Публічне адміністрування та національна безпека. 2026. № 3(68). С. 106–113.
5. Цапик Т. Маркетинг у системі публічного управління територіальними громадами: проблеми адаптації. Регіональні аспекти розвитку продуктивних сил України. 2025. № 30. С. 30–37.

TRANSFORMATION OF ENTERPRISE ORGANIZATIONAL CULTURE UNDER TURBULENCE THROUGH THE INTEGRATION OF SOCIAL RESPONSIBILITY INSURANCE INSTRUMENTS

Gurina Ganna
Academician of the Academy of Sciences of Ukraine
Doctor of Economics Science, Professor
Vice Rector of Kyiv University of Law of the NAS of Ukraine
Podrieza Mykhailo
PhD in Economics

Analyzed the essence of organizational culture as a foundational system of values, beliefs, behavioral norms, and internal communications that determine an enterprise's development trajectory. Under contemporary conditions of uncertainty, the traditional structure of organizational culture undergoes adaptation. It is proven that a new component—a culture of security and protection—is added to its classical levels, forming the basis for internal staff integration and reflecting the maturity of corporate social responsibility.

Substantiated that embedding corporate insurance into the value basis of organizational culture transforms it from a mere cost item into an element of brand management and a socially responsible HR strategy. Providing employees with comprehensive voluntary health insurance packages (including war risk coverage and psychological rehabilitation), alongside life and property insurance, serves as a direct manifestation of leadership care. This enhances the sense of security, reduces anxiety levels, and increases personnel loyalty to the enterprise.

Analyzed the role of systemic insurance within the framework of implementing corporate social responsibility toward the workforce and society. The institutionalization of insurance protection extends beyond a purely financial compensatory mechanism, becoming a public expression of an employer's ethical obligation. Introducing corporate insurance programs guarantees the minimization of social vulnerability for employees and their families during crises or force majeure events.

Within internal social responsibility, insurance acts as an effective driver of social justice by ensuring equal access for all team members to high-quality healthcare services. External corporate social responsibility, expressed through insurance instruments, manifests in reducing the strain on the state healthcare and social welfare systems. The practical implementation of such comprehensive measures enhances the company's reputational capital in both domestic and international labor markets, fostering the image of a reliable and socially oriented partner.

Systematic investment in employee insurance protection serves as tangible proof of a company's transition from declarative to practical social responsibility. Insurance

becomes an integral element of social dialogue between enterprise administration and hired employees, reinforcing trust in leadership. Consequently, a socially responsible insurance policy becomes a powerful motivational factor that contributes to consolidating team efforts toward achieving shared strategic goals.

Proven that the insurance protection of business assets and property forms a constituent part of both internal and external cultures of responsibility. The presence of insured production facilities, transport, or warehousing complexes is perceived by employees as a guarantee of job security and wage stability during force majeure circumstances. Thus, insurance performs regulatory and motivational functions within organizational culture, unifying the workforce around the values of reliability and long-term sustainability.

Analyzed the role of executive leadership in conveying new organizational culture values. A modern leader shapes a "culture of care," where the implementation of insurance products becomes a standard norm of corporate ethics and the internal benefits package, thereby enhancing the company's competitiveness in the labor market.

Substantiated that a strong organizational culture, reinforced by risk management and social responsibility insurance instruments, ensures a high level of enterprise resilience. The interconnection between the psychological climate and the financial protection of employees creates a synergistic effect, enabling the enterprise to operate effectively while preserving its human and productive capacity.

References

1. Podrieza M. The impact of DEI&B integration on the adaptability of organizational culture in Ukraine’s aviation sector during post-war reconstruction. Економіка та суспільство. 2025. № 74. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-74-106
2. Коваленко Ю., Новак В., Гуріна Г. Трансформації соціально відповідального бізнесу в умовах війни. Економіка та суспільство.2025.№ 73. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-73-32
3. Страхування в Україні: Все про ринок страхування в Україні. Мінфін. 2026. URL: https://minfin.com.ua/ua/insurance/ (дата звернення: 25.09.2026)

Section: Marketing and Advertising

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ІНФЛЮЕНС-МАРКЕТИНГУ: ВІД ОХОПЛЕННЯ ДО ЕКОНОМІЧНОГО РЕЗУЛЬТАТУ

Тельнов Анатолій Сергійович
д.е.н, професор
Литвинюк Олександра
здобувачка вищої освіти магістерського рівня
за спеціальністю D5 Маркетинг,
Кафедра маркетингу
Хмельницький національний університет, Україна

В умовах цифрової трансформації економіки інфлюенс-маркетинг поступово перетворюється з додаткового інструменту просування на повноцінний канал маркетингових комунікацій, здатний впливати не лише на впізнаваність бренду, а й на комерційні результати підприємств. Актуальність розвитку цього напряму для українського ринку підтверджується його кількісною динамікою. За даними IAB Ukraine, обсяг українського ринку інфлюенс-маркетингу у 2025 році становив 846 млн грн, що на 18% більше, ніж у 2024 році. На 2026 рік прогнозується подальше зростання сегмента до 998 млн грн. При цьому IAB Ukraine відзначає поступовий перехід ринку від одноразових рекламних згадок до довгострокових співпраць, нішевих креаторів, інтегрованих форматів та оцінювання кампаній за показниками залученості й конверсії [4].

Водночас зростання маркетингових інвестицій відбувається в умовах повномасштабної війни, економічної невизначеності, зміни споживчої поведінки і необхідності більш раціонального використання ресурсів українського бізнесу. Тому саме по собі зростання ринку не означає автоматиче зростання економічної ефективності окремої рекламної кампанії. Для підприємства принципово важливо визначити, який економічний результат створює конкретна інвестиція в інфлюенсера та наскільки цей результат можна виміряти**.** Проблематика інфлюенс-маркетингу активно розвивається і в українському науковому середовищі. М. Коноплянникова досліджує роль інфлюенсерів у формуванні сприйняття бренду та залученні споживачів, акцентуючи увагу на розвитку нішевих і наноінфлюенсерів, довготривалому сторітелінгу та етичних аспектах комунікації [5].

А. Струнгар розглядає ефективність і ризики використання мікро- та макроінфлюенсерів, що підтверджує необхідність диференційованого підходу до вибору креатора залежно від цілей маркетингової кампанії [6]. В. Зеліч, С. Жуков та О. Масліган характеризують сучасний український ринок через посилення ролі локальних блогерів, розвиток відеоконтенту, підвищення вимог

до прозорості та етичності, інтеграцію інфлюенс-маркетингу з електронною комерцією, прямими продажами та промокодами [3]. О. Зайцева та Г. Жосан пов'язують розвиток маркетингу впливу із цифровою довірою, персоналізацією, UGC-контентом та змінами споживчої поведінки в соціальних мережах [2]. Разом із тим залишається недостатньо визначеним питання переходу від оцінювання комунікаційних показників до оцінювання економічної віддачі маркетингових інвестицій. Це формує проблему: значні охоплення та висока залученість аудиторії не гарантують пропорційного зростання продажів.

Метою дослідження є обґрунтування методичного підходу до оцінювання інвестиційної привабливості інфлюенс-маркетингу з урахуванням особливостей українського ринку та необхідності встановлення зв'язку між маркетинговими витратами, поведінковою реакцією споживачів і економічним результатом.

Інвестиційну привабливість інфлюенс-маркетингу доцільно визначати як здатність маркетингової активності забезпечувати економічно обґрунтований результат порівняно з обсягом вкладених ресурсів за прийнятного рівня фінансових, репутаційних та регуляторних ризиків. Принциповою проблемою є те, що результативність інфлюенс-маркетингу часто оцінюється за окремими медійними показниками: кількістю підписників, переглядів, лайків або охопленням. Такі показники характеризують масштаб комунікації, але не дають повної відповіді на питання про економічну доцільність інвестиції. Тому результативність інфлюенс-маркетингу доцільно оцінювати як послідовний процес, що охоплює інвестиції, медійний контакт з аудиторією, її поведінкову реакцію, здійснення цільової дії, конверсію, економічний результат і формування довгострокової цінності клієнта, табл.1.

Таблиця 1 — Оцінювання інвестиційної привабливості інфлюенс-маркетингу

Рівень	**Основні показники**	**Характеристика**	**Практичне значення**
Медійний	Reach, Impressions, Frequency, частка цільової аудиторії	Масштаб і якість контакту	Дає змогу оцінити потенціал охоплення цільового сегмента
Поведінковий	ER, перегляди, збереження, поширення, CTR	Реакцію аудиторії на контент	Визначає, чи перетворюється контакт на зацікавленість
Конверсійний	Leads, Conversion Rate, замовлення, реєстрації	Здатність генерувати цільові дії	Показує комерційний результат кампанії
Економічний	Revenue, CAC, ROAS, ROMI, маржинальний прибуток	Фінансову віддачу	Дає змогу оцінити економічну доцільність інвестиції
Довгостро-ковий	LTV, Retention, Repeat Purchase Rate	Цінність клієнта в часі	Дозволяє враховувати не лише першу покупку
Ризиковий	Репутаційні ризики, відповідність законодавству, частота рекламних інтеграцій	Потенційні нефінансові втрати	Дає змогу враховувати ризик при прийнятті інвестиційного рішення

*дані сформовано авторами

Таким чином, кількість підписників або охоплення не повинні розглядатися як самостійні критерії інвестиційної привабливості. Значно більш інформативним є поєднання показників якості аудиторії, залученості, вартості контакту, конверсії та фінансового результату.

Окремого значення для українського ринку набуває проблема атрибуції. Споживач може побачити рекламну інтеграцію у блогера, але не здійснити покупку одразу. Він може пізніше самостійно знайти бренд у пошуковій системі, перейти на сайт через інший рекламний канал або повернутися до бренду через кілька днів. У такій ситуації модель останнього кліку може недооцінювати внесок інфлюенсера.

Для підвищення точності вимірювання доцільно використовувати комплекс інструментів: UTM-мітки, персональні промокоди, реферальні посилання, CRM-дані, вебаналітику та дані рекламних платформ. Важливо також, за можливості, визначати інкрементальний ефект — обсяг додаткових конверсій або доходу, який виник саме завдяки кампанії. З огляду на це, автором пропонується розглядати оцінювання інвестиційної привабливості не як фіксацію окремого показника, а як багатокритеріальну процедуру прийняття управлінського рішення, табл.2

Таблиця 2 — Матриця оцінювання інвестиційної привабливості співпраці з інфлюенсером

Критерій	**Показник**	**Метод оцінювання**	**Управлінське значення**
Відповідність аудиторії	Частка цільової аудиторії	Частка представників ЦА в аудиторії інфлюенсера, %	Визначає якість потенційного охоплення
Залученість	ER	Взаємодії / охоплення × 100%	Характеризує силу реакції аудиторії
Вартість контакту	CPM	Витрати / покази × 1000	Дає змогу порівнювати медійну вартість різних креаторів
Конверсія	CR	Цільові дії / переходи × 100%	Показує здатність кампанії стимулювати цільову поведінку
Вартість залучення	CAC	Маркетингові витрати / кількість нових клієнтів	Характеризує вартість отримання клієнта
Дохідність реклами	ROAS	Атрибутований дохід / рекламні витрати	Показує співвідношення доходу та рекламних витрат
Інвестиційна віддача	ROMI	(Додатковий маржинальний прибуток – маркетингові інвестиції) / маркетингові інвестиції × 100%	Дає змогу оцінити економічну доцільність інвестиції
Довгострокова цінність	LTV	Сумарна цінність клієнта за період взаємодії	Дозволяє враховувати повторні покупки та довгостроковий ефект

*дані сформовано авторами

Запропонована матриця дозволяє перейти від питання «скільки людей побачило рекламу?» до ширшого питання «яку економічну цінність створила вкладена гривня?». При цьому показники не є взаємозамінними: високий ER не

означає автоматично високої конверсії, а високий ROAS не обов'язково свідчить про високу довгострокову цінність клієнта.

Для українського бізнесу важливим є також включення до системи оцінювання ризикової складової**.** В умовах воєнної економіки репутаційні ризики, зміни споживчого попиту, нестабільність охоплень та обмеженість маркетингових бюджетів можуть суттєво впливати на фактичну віддачу інвестицій. Додатковим аспектом є дотримання вимог рекламного законодавства. За даними Держпродспоживслужби, у 2025 році було заведено понад 21,9 тис. справ про порушення законодавства про рекламу; за результатами розгляду справ накладено штрафні санкції на понад 10,7 млн грн, а у 115 випадках рекламу визнано недобросовісною або прихованою. Окремо контролювалися порушення на платформах спільного доступу до відео та інформації [1]. Отже, прозорість рекламної інтеграції є не лише етичним питанням, а й складовою управління ризиками маркетингової інвестиції.

Український ринок демонструє також поступовий перехід до performance-підходу. У 2025 році найбільша частка витрат у структурі інфлюенс-маркетингу припадала безпосередньо на промо контенту інфлюенсерів із бренд-повідомленнями — 68,5%, тоді як 13,1% становили витрати на сервіси та платформи, 8,2% — на креативні концепції та стратегії, 5,3% — на продакшн і 4% — на агентські комісії [4]. Це підсилює значення питання про те, наскільки вкладені кошти перетворюються на вимірюваний бізнес-результат. Саме тому оцінювання має охоплювати не лише результат розміщення, а весь шлях споживача від контакту з креатором до покупки та повторної взаємодії з брендом.

Інфлюенс-маркетинг в Україні у 2025–2026 роках демонструє перехід від ситуативного рекламного інструменту до системного каналу маркетингових комунікацій. Зростання обсягу ринку до 846 млн грн у 2025 році та прогноз до 998 млн грн у 2026 році свідчать про зростання масштабів відповідних інвестицій [4]. Водночас збільшення бюджетів підвищує вимоги до їх обґрунтованості.

Інвестиційну привабливість інфлюенс-маркетингу пропонується розглядати як послідовний процес, що охоплює медійний контакт, поведінкову реакцію аудиторії, конверсію, економічний результат і довгострокову цінність. Підхід доповнюється оцінкою фінансових, репутаційних та регуляторних ризиків. Це дозволяє більш обґрунтовано формувати бюджети на співпрацю з креаторами, порівнювати інфлюенсерів не лише за охопленням, а й за якістю аудиторії та економічним результатом, а також знижувати ризики рішення на основі лише медійних показників.

Список використаних джерел

1. Державна служба України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів. (2026, 27 січня). Контроль за дотриманням законодавства про рекламу: Підсумки роботи Держпродспоживслужби у 2025 році. https://dpss.gov.ua/news/kontrol-za-dotrymanniam-zakonodavstva-pro-reklamu-pidsumky-roboty-derzhprodspozhyvsluzhby-u-2025-rotsi

2. Зайцева, О., & Жосан, Г. (2025). Вплив соціальних мереж на споживчий вибір. Scientia fructuosa, 162(4), 150–162. https://doi.org/10.31617/1.2025(162)09
3. Зеліч, В. В., Жуков, С. А., & Масліган, О. О. (2025). Маркетинг впливу: Тенденції та перспективи розвитку в Україні. Бізнес-навігатор, (5), 19–24. https://doi.org/10.32782/business-navigator.82-3
4. IAB Ukraine. (2026, 6 травня). Комітет IM IAB Україна підготував обсяг ринку IM за 2025 рік. https://iab.com.ua/komitet-im-iab-ukrayina-pidgotuvav-obsyag-rynku-im-za-2025-rik/
5. Коноплянникова, М. (2024). Інфлюенсер-маркетинг у соціальних мережах. Scientia fructuosa, 154(2), 118–144. https://doi.org/10.31617/1.2024(154)07
6. Струнгар, А. (2024). Інфлюенсер-маркетинг: Оцінка ефективності та ризиків використання мікро- і макроінфлюенсерів. Економіка та суспільство, (63). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-91

УДК 658.8:005.21

МІСЦЕ ЦИФРОВИХ МАРКЕТИНГОВИХ КОМУНІКАЦІЙ У СИСТЕМІ СТРАТЕГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

Дюк О.М.
PhD з менеджменту, доцент
Кафедра підприємництва та маркетингу,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Україна

Цифрова трансформація змінює не лише набір маркетингових інструментів, а й саму логіку взаємодії підприємства з ринком. Цифрові канали формують значну кількість керованих і некерованих точок контакту, у яких споживач отримує інформацію, порівнює альтернативи, взаємодіє з брендом, здійснює купівлю та поширює власний досвід. Унаслідок цього комунікаційні рішення прямо пов’язуються з формуванням цінності, клієнтського досвіду, даних про поведінку та швидкістю адаптації стратегії. Kannan і Li визначають цифровий маркетинг через систему точок контакту, у яких цифрові технології впливають як на маркетинговий процес, так і на процес формування маркетингової стратегії [1]. Це дає підстави розглядати цифрові маркетингові комунікації не як відокремлену функцію просування, а як складову стратегічного управління.

Наукова розробленість проблеми представлена кількома взаємопов’язаними напрямами. У дослідженнях цифрового маркетингу акцент зроблено на трансформації каналів, даних і точок контакту [1]. Концепція клієнтського шляху показує, що досвід формується послідовністю взаємодій у різних каналах і

потребує координації кількох функцій підприємства [2]. Омніканальний підхід розширює багатоканальну логіку, оскільки увага переноситься з паралельного використання каналів на їхню взаємопов'язаність у процесі пошуку та купівлі [3]. Емпіричні результати щодо інтеграції онлайн- і офлайн-каналів засвідчують можливість формування синергії між каналами, а не лише їхньої конкуренції [4]. У ширшому контексті цифрової трансформації стратегічними імперативами стають цифрові ресурси, організаційні структури, моделі зростання та відповідні системи метрик [5]. Водночас недостатньо чітко структурованим залишається саме місце цифрових маркетингових комунікацій у контурі стратегічного управління: між стратегічним аналізом, реалізацією ринкової стратегії та контролем результатів.

Метою дослідження є уточнення місця цифрових маркетингових комунікацій у системі стратегічного управління підприємством шляхом систематизації їхніх функцій і взаємозв'язків зі стратегічними цілями, клієнтським досвідом та аналітичним забезпеченням управлінських рішень. Методологічну основу становлять системний підхід, аналіз і синтез наукових положень, порівняння підходів до цифрового маркетингу й омніканальності, а також структурно-логічна систематизація.

У системі стратегічного управління цифрові маркетингові комунікації виконують насамперед стратегічно-інформаційну функцію. Цифрові взаємодії створюють потоки даних про реакції аудиторій, характер використання каналів, етапи клієнтського шляху та результати окремих комунікаційних дій. У цьому контексті комунікація є одночасно засобом впливу й механізмом отримання ринкового зворотного зв'язку. Саме двоспрямованість відрізняє стратегічне використання цифрових комунікацій від вузького трактування їх як передачі рекламних повідомлень. Дані з точок контакту можуть використовуватися для уточнення сегментації, коригування ціннісної пропозиції та перевірки припущень, закладених у ринкову стратегію.

Друга функція – ціннісно-комунікаційна. Стратегія визначає цільові сегменти, бажане позиціонування і принципи формування цінності, тоді як цифрові комунікації переводять ці стратегічні орієнтири у конкретні взаємодії з аудиторіями. Відповідно, результативність комунікацій залежить не від кількості каналів як такої, а від узгодженості змісту, часу, контексту та очікувань споживача. Lemon і Verhoef наголошують на необхідності розглядати досвід протягом усього клієнтського шляху та враховувати множинність точок контакту [2]. Це означає, що стратегічне управління цифровими комунікаціями має забезпечувати послідовність ціннісної пропозиції на різних етапах взаємодії, не зводячи її до окремих рекламних кампаній.

Третя функція – координаційна. Омніканальність передбачає не механічне додавання цифрових каналів до традиційних, а інтеграцію каналів у єдину логіку взаємодії [3]. Дослідження Herhausen та співавторів показує, що інтеграція онлайн- і офлайн-каналів здатна підвищувати сприйняту якість сервісу та створювати синергію між каналами [4]. Для стратегічного управління це означає

необхідність горизонтальної координації маркетингу, продажів, сервісу, інформаційних технологій та аналітики. Цифрові маркетингові комунікації стають сполучною ланкою між функціональними підсистемами, оскільки єдиний клієнтський досвід не може бути сформований у межах лише одного структурного підрозділу.

Четверта функція – контрольно-аналітична. Цифрові комунікації дають змогу фіксувати результати на рівні окремих точок контакту, але стратегічний контроль потребує зв'язку операційних показників із довгостроковими цілями. Тому кількість переглядів, кліків, переходів або реакцій має управлінську цінність лише тоді, коли вона інтерпретується у зв'язку з поведінкою клієнтів, конверсією, утриманням, цінністю відносин, прибутковістю чи іншими релевантними результатами. Verhoef та співавтори прямо пов'язують цифрову трансформацію зі зміною систем метрик і стратегічних імперативів підприємства [5]. Додатково Homburg і Wielgos емпірично підтверджують, що цифрові маркетингові спроможності створюють внесок у прибутковість понад вплив класичних маркетингових спроможностей, хоча їхня взаємодія залежить від організаційних і середовищних умов [6]. Отже, предметом стратегічного контролю має бути не активність у цифрових каналах сама по собі, а спроможність комунікацій підтримувати досягнення стратегічних результатів.

Таблиця 1 – Функціональне місце цифрових маркетингових комунікацій у системі стратегічного управління

Функція	**Зміст**	**Зв'язок зі стратегічним управлінням**
Стратегічно-інформаційна	Отримання ринкового зворотного зв'язку та даних із цифрових точок контакту	Стратегічний аналіз; уточнення сегментації; коригування ринкових припущень
Ціннісно-комунікаційна	Трансляція позиціонування і ціннісної пропозиції в конкретні взаємодії	Реалізація маркетингової стратегії; управління клієнтським досвідом
Координаційна	Узгодження каналів і функціональних підсистем навколо клієнтського шляху	Омніканальна реалізація стратегії; міжфункціональна взаємодія
Контрольно-аналітична	Вимірювання результатів та їх зв'язок зі стратегічними показниками	Стратегічний контроль; навчання; адаптація управлінських рішень

* дані сформовано на основі [1–6].

Запропонована систематизація дає змогу визначити місце цифрових маркетингових комунікацій як інтеграційного контуру між етапами стратегічного управління. На вході цей контур використовує стратегічні цілі, цільові сегменти, позиціонування та ресурсні обмеження. У процесі реалізації він забезпечує керовану взаємодію через цифрові точки контакту й координацію каналів. На виході формуються не лише безпосередні комунікаційні результати, а й дані, необхідні для стратегічного контролю та наступного циклу прийняття рішень. Такий підхід усуває розрив між «стратегією» і «цифровими

інструментами»: канали та технології розглядаються як засоби реалізації стратегічної логіки, а не як автономний набір тактичних активностей.

Науковий результат полягає в уточненні функціонального місця цифрових маркетингових комунікацій у системі стратегічного управління підприємством. Їх систематизовано за чотирма взаємопов'язаними функціями та обґрунтовано як інтеграційний контур, що поєднує стратегічний аналіз, реалізацію ціннісної пропозиції, міжканальну й міжфункціональну координацію та контроль результатів. На відміну від трактування цифрових комунікацій як сукупності каналів просування, запропонований підхід акцентує їхню роль у формуванні зворотного зв'язку та організаційному навчанні.

Отже, цифрові маркетингові комунікації займають проміжне й водночас інтеграційне місце між формуванням і реалізацією стратегії підприємства. Їх стратегічна цінність визначається здатністю забезпечувати узгоджені взаємодії у клієнтському шляху, поєднувати цифрові й традиційні канали, генерувати релевантні дані та пов'язувати комунікаційні показники зі стратегічними результатами. Практичним наслідком є потреба будувати систему показників від стратегічної цілі до конкретної точки контакту, а управління каналами здійснювати на основі єдиної логіки клієнтського досвіду.

Список використаних джерел

1. Kannan P. K., Li H. A. Digital marketing: A framework, review and research agenda. International Journal of Research in Marketing. 2017. Vol. 34, No. 1. P. 22–45. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2016.11.006.
2. Lemon K. N., Verhoef P. C. Understanding Customer Experience Throughout the Customer Journey. Journal of Marketing. 2016. Vol. 80, No. 6. P. 69–96. DOI: https://doi.org/10.1509/jm.15.0420.
3. Verhoef P. C., Kannan P. K., Inman J. J. From Multi-Channel Retailing to Omni-Channel Retailing: Introduction to the Special Issue on Multi-Channel Retailing. Journal of Retailing. 2015. Vol. 91, No. 2. P. 174–181. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jretai.2015.02.005.
4. Herhausen D., Binder J., Schoegel M., Herrmann A. Integrating Bricks with Clicks: Retailer-Level and Channel-Level Outcomes of Online–Offline Channel Integration. Journal of Retailing. 2015. Vol. 91, No. 2. P. 309–325. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jretai.2014.12.009.
5. Verhoef P. C., Broekhuizen T., Bart Y., Bhattacharya A., Dong J. Q., Fabian N., Haenlein M. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda. Journal of Business Research. 2021. Vol. 122. P. 889–901. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.09.022.
6. Homburg C., Wielgos D. M. The Value Relevance of Digital Marketing Capabilities to Firm Performance. Journal of the Academy of Marketing Science. 2022. Vol. 50, No. 4. P. 666–688. DOI: https://doi.org/10.1007/s11747-022-00858-7.

Section: Mechanics and Electrical Engineering

INTELLIGENT AUTOMATION SYSTEMS FOR MODERN CONSTRUCTION MACHINERY AND CRANE COMPLEXES

Horbatyuk Mykhailo
PhD degree
Department of Electrical Engineering and Electric Drive
Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine

Introduction and urgency of the topic. The modern development of the construction industry requires a radical overhaul of approaches to the design, modernization, and operation of construction equipment. Electromechanical complexes and systems of the construction sector form the material basis of any large construction site, ensuring the execution of complex technological operations for handling, mounting, and forming structures. In connection with the steady global trend toward the erection of multi-story complex engineering structures and high-tech buildings, the requirements for the positioning accuracy of working organs, overall labor productivity, energy efficiency, and the safety level of construction operations are growing significantly. Traditional relay-contactor and manual mechanical control systems for construction machinery are no longer capable of providing the dynamic and static characteristics demanded by the industry.

In this context, the automation, intellectualization, and digitalization of electromechanical systems for construction machinery are becoming a leading direction of scientific and practical research. The introduction of intelligent automation systems, built on modern digital microprocessor controllers, wireless communication tools, navigation technologies, and the industrial internet of things (IoT), allows the creation of a new class of smart construction machinery. This opens up opportunities for transitioning from the manual control of individual machines to the coordinated automatic or semi-automatic management of a fleet of machines across the entire facility.

Analysis of recent research and publications. The problems of automating and improving the drives of construction equipment are being actively researched by both domestic and foreign scientists. An innovative step in this direction has been the widespread use of digital regulators for stabilizing loads. Specifically, the opportunities for utilizing intelligent systems based on fuzzy logic theory to minimize the deviations of the working organs of lifting mechanisms have been investigated [1, 2]. Another crucial vector is the optimization of operating regimes through the introduction of frequency-controlled complexes, which achieve high smoothness of travel and substantial energy savings [3, 4].

Modern global trends also indicate the need to create unified digital ecosystems for construction sites. This is realized through the integration of IoT tools and wireless telemetry for the predictive technical maintenance of heavy machinery [5]. However, despite significant achievements in developing individual electronic and microcontroller components, the issue of comprehensive integration of heterogeneous automation tools into a single secure information network of a construction site remains unresolved to a full extent, hindering the mass implementation of autonomous construction machinery.

Purpose and objectives of the study. The purpose of this work is the theoretical substantiation, development, and investigation of a comprehensive intelligent automation system for the electromechanical complexes of construction machinery (using a tower crane and a construction hoist as examples) that ensures the minimization of uncontrolled load oscillations, optimization of electrical energy consumption, and remote monitoring of the technical condition of equipment in real time.

To achieve this goal, it is necessary to solve the following objectives:

1. Develop a mathematical model of an interconnected electromechanical system for lifting and rotating a construction crane, taking into account the flexibility of the load suspension.

2. Synthesize a fuzzy control algorithm for the automatic damping of load oscillations on the rope.

3. Design the architecture of a telemetry data collection and remote monitoring system based on the MQTT protocol.

Main body of the study. Within the study, a multi-level architecture of the automation system for a construction crane complex was developed. The lower level (actuator level) consists of frequency-controlled asynchronous electric drives for lifting, rotating, and jib handling, equipped with angular position sensors (encoders), current sensors, and tensometric weight sensors. The middle level (logical control level) is implemented based on an industrial programmable logic controller (PLC), which performs high-speed data collection from sensors and executes complex motion control algorithms in space. The upper level represents the operator's human-machine interface (HMI), which is integrated with a web-oriented SCADA system for global dispatching of the construction site.

To eliminate the main drawback of rope lifting systems—uncontrolled load oscillations during the acceleration and braking of the boom rotation mechanism or trolley movement—an intelligent control algorithm based on Fuzzy Logic theory was applied. Unlike standard PID regulators, the fuzzy regulator dynamically adapts its coefficients depending on the current rope length (radius) and the mass of the fixed load. This allowed the automatic formation of motion trajectories for actuator electric drives that are optimal in terms of speed and energy consumption, smoothing out sudden jerks.

Mathematical and computer modeling of the developed automation system was performed in the MATLAB/Simulink software package. The constructed model took into account the elastic properties of the crane metal structure, non-linear friction

characteristics in gearboxes, and random wind disturbances typical of real operating conditions on open construction sites. Thanks to the introduction of intelligent automatic control loops, the decay time of the load oscillation amplitude decreased by 3.5 times compared to conventional relay or manual control, confirming the high efficiency of the proposed approach.

In addition to the general automation system, a wireless telemetry module was integrated. Data on current energy consumption, stator winding temperature of driving motors, vibration levels of bearing units, and exact working coordinates are transmitted via a local Wi-Fi/GSM gateway using the energy-efficient MQTT protocol to a central cloud monitoring server. This provides an opportunity to build a strategy for predictive equipment maintenance and reliably prevents critical breakdowns or emergency situations during responsible assembly operations.

Scientific novelty and practical significance of the results. The scientific novelty of the obtained results lies in the further development of intelligent control methods for interconnected electromechanical systems with flexible elements by combining fuzzy adaptive regulators with input shaping dynamic filtering algorithms.

The practical significance lies in creating a universal software and hardware automation complex for construction equipment, which can be easily adapted to modernize a wide range of construction machinery without changing their load-bearing structural parts. The implementation of the system increases the safety of construction operations by eliminating the human factor when dangerous load oscillations occur and reduces the operational costs of the construction company by 15–20%.

Conclusions and prospects for further research. Conducted studies prove that the comprehensive automation of electromechanical complexes for construction machinery based on modern microprocessor technology and intelligent algorithms is a key factor in improving the efficiency and safety of construction production. The use of a frequency-controlled drive together with fuzzy control ensures smooth movement of loads without dangerous oscillations, which is critical for the accuracy of mounting construction structures. The creation of digital telemetry channels paves the way for the full integration of construction equipment into a single digital space of the modern "Smart Construction" concept. Prospects for further research consist of developing algorithms for the group automatic control of a crane fleet to prevent collisions on densely built-up areas.

References

1. Alhassan, A. B., Mohamed, Z., & Do, T. D. (2023). Hybrid input shaping and fuzzy logic-based position and sway control for tower cranes. Journal of Vibration and Control, 29(15-16), 3625-3638. https://doi.org/10.1111/exsy.13484.
2. Gorbatyuk Ie.V. Development of evaluation systems of metal structures of construction machines based on fuzzy models. International scientific conference “Modern systems of science and education in the USA, EU and other countries '2026” No 35 on January 21, 2026. Seattle, Washington, USA. P. 31-36. https://doi.org/10.30888/2709-2267.2026-35-00-001.

3. Kuznetsov, B. I., Nikitina, T. B., & Bovdui, I. V. (2024). Development and Research of Frequency-Controlled Electric Drive for Construction Machinery / IEEE International Conference on Electromechanical Systems.
4. Gorbatyuk Ie., Makarchuk O., Horbatyuk M. Research of analytical models in developing the stability of tower cranes with electromechanical drives. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference «Modern Perspectives on Global Scientific Solutions» (August 24-26, 2026, Bergen, Norway). European Open Science Space. 2026. 149-152. https://doi.org/10.70286/eoss-24.08.2026.
5. Li, X., Wang, J., & Zhang, Y. (2025). IoT-driven digital twin and deep learning for predictive maintenance of heavy construction equipment. Automation in Construction, 170, 105-119.

Section: Medicine

ІМУНОГІСТОХІМІЧНІ ТА МОЛЕКУЛЯРНІ МАРКЕРИ (CD30, PD-1/PD-L1) ЯК ОСНОВА ПЕРСОНАЛІЗОВАНОЇ ТЕРАПІЇ ЛІМФОМИ ХОДЖКІНА

Ткач А.А.
викладач
Кафедра променевої діагностики, променевої терапії та онкології
Короп А.М.
здобувач вищої освіти
Чирва Т.В.
здобувач вищої освіти
Сікун Д.А.
здобувач вищої освіти
Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова
м. Вінниця, Україна

Анотація

Робота присвячена аналізу клінічної ефективності застосування анти-CD30 моноклональних антитіл (брентуксимабу ведотину) та інгібіторів PD-1 (ніволумабу, пембролізумабу) у лікуванні рефрактерної класичної лімфоми Ходжкіна на основі даних актуальних міжнародних рандомізованих досліджень (KEYNOTE-204, CheckMate 205, ECHELON-1). Розглянуто патогенетичні механізми пухлинної толерантності та показано, що інтеграція сучасної таргетної та імунотерапії дозволяє долати хіміорезистентність, підвищувати виживаність без прогресування та знижувати частоту важкої пульмоно- й нейротоксичності.

Ключові слова

Класична лімфома Ходжкіна, клітини Штернберга-Ріда, CD30, PD-1, PD-L1, брентуксимаб ведотин, ніволумаб, пембролізумаб, рефрактерний перебіг, таргетна терапія.

Введення: Унікальність класичної лімфоми Ходжкіна (кЛХ) полягає в архітектоніці пухлини, де патологічні клітини Штернберга-Ріда складають лише 1-2%, а решта — запальне мікрооточення [1]. Хоча більшість хворих позитивно реагують на стандартну поліхіміотерапію, до 20% пацієнтів мають первинно-рефрактерний перебіг або рецидиви. Впровадження в клінічну практику препаратів, що прицільно впливають на поверхневий антиген CD30 та рецептори програмованої клітинної загибелі (PD-1/PD-L1), дозволило подолати хіміорезистентність [2]. Оптимізація та розширення показань до їх застосування потребує безперервного аналізу нових клінічних даних.

Мета: Проаналізувати клінічну ефективність застосування анти-CD30 моноклональних антитіл та інгібіторів PD-1 у хворих на рефрактерну лімфому Ходжкіна на основі актуальних даних доказової медицини.

Задачі дослідження: Здійснити інформаційний пошук у базах даних PubMed та Cochrane Library (2020–2026 рр.) щодо лікування кЛХ. Проаналізувати 5 наукових публікацій за результатами міжнародних рандомізованих досліджень (KEYNOTE-204, CheckMate 205, ECHELON-1). Оцінити клінічну відповідь та рівень виживаності без прогресування при застосуванні брентуксимабу ведотину та інгібіторів PD-1. Порівняти профіль безпеки сучасних комбінацій препаратів із класичними схемами.

Результати дослідження і їх обговорення: Сучасний аналіз демонструє, що таргетна терапія кардинально змінює прогноз захворювання. Брентуксимаб ведотин (анти-CD30 кон'югат) забезпечує об’єктивну клінічну відповідь у 75% пацієнтів із рефрактерним перебігом, діючи шляхом прямого цитотоксичного впливу на пухлинний клон [3]. З іншого боку, специфічна генетична ампліфікація локусу 9p24.1 призводить до конститутивної гіперекспресії лігандів PD-L1/PD-L2 на клітинах Штернберга-Ріда, що повністю блокує Т-клітинний імунний нагляд. Призначення інгібіторів PD-1 (ніволумаб, пембролізумаб) знімає цю блокаду. Дані довготривалого спостереження підтверджують виживаність без прогресування на рівні понад 65% навіть у пацієнтів після рецидиву аутологічної трансплантації [4]. Найновіші дослідження застосування комбінації інгібіторів PD-1 у першій лінії терапії фіксують досягнення повного метаболічного регресу пухлини зі значним зниженням частоти важкої пульмоно- та нейротоксичності порівняно з класичними схемами [5].

Висновки: Імуногістохімічна верифікація мішеней CD30 та PD-L1 є критично важливим етапом у клінічній онкогематології. Інтеграція брентуксимабу ведотину та інгібіторів PD-1 дозволяє ефективно долати пухлинну толерантність, перетворюючи рефрактерні форми лімфоми Ходжкіна на контрольоване захворювання з тривалою ремісією.

Список використаних джерел

1. Ansell, S. M. (2022). Hodgkin lymphoma: 2023 update on diagnosis, risk-stratification, and management. American Journal of Hematology, 97(11), 1478–1488.
2. Straus, D. J., et al. (2022). Brentuximab vedotin with chemotherapy for stage III or IV classical Hodgkin lymphoma (ECHELON-1): 5-year update. The Lancet Haematology, 9(6), e410–e421.
3. Kuruvilla, J., et al. (2023). Pembrolizumab versus brentuximab vedotin in relapsed or refractory classical Hodgkin lymphoma (KEYNOTE-204). Blood, 141(25), 3066–3078.
4. Armand, P., et al. (2023). Five-year follow-up of nivolumab in relapsed/refractory classical Hodgkin lymphoma. Blood, 141(13), 1525–1534.
5. Herrera, A. F., et al. (2024). Nivolumab+ AVD in advanced-stage classic Hodgkin lymphoma. The New England Journal of Medicine, 391(15), 1379–1389.

DIGITAL HISTOLOGY AND WHOLE-SLIDE IMAGING (WSI)

Chernikova Halyna
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
Department of Histology, Cytology and Embryology
Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Abstract. The whole-slide imaging (WSI) technology is a fundamental component of the digitalization of histological research and enables the transition from conventional microscopy to a digital format for working with histological specimens. The aim of the study was to analyze the current capabilities of WSI, its areas of application, and technological limitations. A review of full-text scientific publications addressing the digitization, storage, quality control, and standardization of digital histological images, as well as the use of WSI in education and scientific research, was conducted. It was established that WSI expands the possibilities for digital storage, remote viewing, and repeated analysis of histological material. Further development of the technology is associated with improving digital image quality, enhancing infrastructure, standardization, and ensuring system interoperability.

Keywords: digital histology; digital pathology; whole-slide imaging (WSI); digital histological images; histological specimen digitization; digital archives; histology education; interoperability.

Introduction. The digitalization of histology is transforming traditional approaches to the acquisition, storage, and analysis of morphological material. Whole-slide imaging is one of the key technologies in this process, as it enables the creation of a digital copy of an entire histological specimen and expands the possibilities for its use in scientific research, education, and digital pathology [1–4].

Aim and Objectives of the Study. The aim of the study was to analyze the current capabilities of whole-slide imaging technology in digital histology, identify its main areas of application, and characterize its advantages, technological limitations, and prospects for further development. The objectives of the study were: to characterize the principles of digitizing histological specimens using whole-slide imaging technology; to analyze the main requirements for the generation, storage, and visualization of digital histological images; to identify the main areas of WSI application in histology education and scientific research; to characterize current approaches to ensuring the quality, standardization, and interoperability of digital histological data; and to summarize the main technological limitations and prospects for the development of WSI in modern digital histology.

Materials and Methods. A review of current scientific publications addressing the application of whole-slide imaging (WSI) technology in digital histology and pathology was conducted. The literature search was performed using the PubMed and PubMed Central databases, as well as the official websites of scientific journals and professional organizations. Full-text scientific articles, reviews, and professional

guidelines published predominantly between 2020 and 2026, as well as selected foundational sources required to characterize the technological principles of WSI, were included in the analysis.

During the literature selection process, the relevance of each publication to the study topic, availability of the full text, currency of the information, and the possibility of directly using the data provided in the source to characterize WSI technology were taken into account. Publications addressing the principles of histological specimen digitization, digital image generation and storage, quality control, standardization and interoperability, as well as the application of WSI in histology education and scientific research, were analyzed.

Information obtained from the selected sources was systematized according to thematic areas and subjected to qualitative comparative analysis. Particular attention was paid to the advantages, technological limitations, and prospects for the use of WSI in modern digital histology.

Results and Discussion. The analysis of the selected sources showed that whole-slide imaging is a key technological component of the transition from conventional microscopy to a digital format for the examination of histological specimens [1,2,4]. WSI enables the acquisition of a digital image of an entire histological slide, with the possibility of subsequent magnification, navigation, and repeated viewing, thereby expanding the possibilities for working with morphological material [1,4].

It was established that the effectiveness of WSI is determined not only by the technical characteristics of the scanner but also by a complex of interrelated stages, ranging from the quality of histological specimen preparation to the acquisition, processing, storage, and visualization of the digital image [4,5]. Artifacts in histological material, staining characteristics, focusing problems, and variations in scanning parameters may negatively affect the quality of the digital slide [5,7]. Therefore, the digitization of histological specimens does not replace quality control of conventional histological preparation but requires its continuation at the digitization stage [5,7].

A characteristic feature of WSI is the large volume of data generated during the complete scanning of a histological specimen [4]. The use of multilevel representations of digital images and specialized storage systems enables efficient navigation between different areas of the specimen and different magnification levels [4,6]. At the same time, the increasing number of digital slides requires appropriate infrastructure for their storage, transmission, and long-term access [3,4].

An important area in the development of digital histology is the standardization of WSI storage and exchange [9,10]. Insufficient standardization and interoperability may complicate the exchange of large digital images between different systems [3,9]. The DICOM standard is used for the standardized representation and exchange of digital pathology data, including whole-slide images, thereby creating opportunities for the integration of digital images across different systems [9,10]. Improved interoperability is important for the creation of digital archives, the transfer of materials between institutions, and the integration of digital images with information systems [3,9].

WSI is also of particular importance for histology education [6]. Digital slides allow students to view the entire histological specimen on a screen, change the magnification, examine individual tissue areas, and use annotations during learning [6]. A single digital slide can be used simultaneously by multiple students and accessed regardless of their physical location [6]. This creates opportunities for distance learning, the development of digital teaching collections, and the organization of collaborative analysis of histological images [2,6].

In scientific research, WSI can be used for the digital storage of morphological material, remote access to it, and repeated examination of histological specimens [1,3,4]. The digital format also creates the basis for the further application of quantitative and computer-based analysis of histological images [1,4]. At the same time, such methods require specific methodological approaches and represent a subsequent stage in the development of digital histology [1,4].

Despite its considerable potential, the implementation of WSI is associated with a number of limitations. These include the need for specialized equipment, substantial requirements for digital storage and network infrastructure, dependence of image quality on scanning characteristics and the quality of the original histological specimen, as well as issues related to system standardization and validation [4,5,7,8]. For the use of WSI in diagnostic practice, professional guidelines recommend validating the system under conditions that closely approximate the actual clinical workflow [8].

Quality control of digital images is a separate component of the reliable functioning of digital pathology. Assessment of WSI quality should take into account scanning characteristics, focusing quality, the presence of artifacts, and other parameters that may affect subsequent interpretation of the digital slide [5,7]. Therefore, quality assurance in WSI should be regarded as a continuous process encompassing histological specimen preparation, scanning, and subsequent digital processing [5,7].

Thus, the results of the review indicate that WSI is not merely an individual digital tool but rather a comprehensive technological platform encompassing the acquisition, storage, visualization, and exchange of digital histological data [1,3,4,9,10]. Its further development is associated not only with improvements in scanners but also with enhanced digital image quality, standardization of formats, infrastructure development, and integration of WSI with other methods of digital morphological analysis [3–5,9,10].

Conclusions. Whole-slide imaging is the technological foundation of modern digital histology, enabling the transition from a physical histological specimen to a digital image of the entire slide [1,2]. WSI expands the possibilities for storing, remotely viewing, sharing, and reanalyzing histological material, while also creating new opportunities for histology education and scientific research [1,4,6]. Further development of digital histology is associated with improving the quality and standardization of WSI, enhancing digital infrastructure, and ensuring system interoperability [3,5,9]. Digitized histological specimens provide a foundation for the further development of quantitative and automated morphological analysis [1,4].

References

1. Masjoodi, S., Anbardar, M. H., Shokripour, M., & Omidifar, N. (2025). Whole slide imaging (WSI) in pathology: Emerging trends and future applications in clinical diagnostics, medical education, and pathology research. Iranian Journal of Pathology, 20(3), 257–265. https://doi.org/10.30699/ijp.2025.2044210.3367
2. Zia, S., Yildiz-Aktas, I. Z., Zia, F., & Parwani, A. V. (2025). An update on applications of digital pathology: Primary diagnosis; telepathology, education and research. Diagnostic Pathology, 20, 17. https://doi.org/10.1186/s13000-025-01610-9
3. Hanna, M. G., & Ardon, O. (2023). Digital pathology systems enabling quality patient care. Genes, Chromosomes & Cancer, 62(11), 685–697. https://doi.org/10.1002/gcc.23192
4. Kumar, N., Gupta, R., & Gupta, S. (2020). Whole slide imaging (WSI) in pathology: Current perspectives and future directions. Journal of Digital Imaging, 33(4), 1034–1040. https://doi.org/10.1007/s10278-020-00351-z
5. Vincze, M., Molnár, B., & Kozlovszky, M. (2025). Quality assurance of the whole slide image evaluation in digital pathology: State of the art and development results. Electronics, 14(10), 1943. https://doi.org/10.3390/electronics14101943
6. Williams, B. J. (2024). Practical guide to the use of digital slides in histopathology education. Journal of Clinical Pathology, 77(6), 366–371. https://doi.org/10.1136/jcp-2024-209415
7. Kanwal, N., Pérez-Bueno, F., Schmidt, A., Engan, K., & Molina, R. (2022). The devil is in the details: Whole slide image acquisition and processing for artifacts detection, color variation, and data augmentation: A review. IEEE Access, 10, 58821–58844. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3176091
8. Evans, A. J., Brown, R. W., Bui, M. M., Chlipala, E. A., Lacchetti, C., Milner, D. A., Pantanowitz, L., Parwani, A. V., Reid, K., Riben, M. W., Reuter, V. E., Stephens, L., Stewart, R. L., & Thomas, N. E. (2022). Validating whole slide imaging systems for diagnostic purposes in pathology: Guideline update from the College of American Pathologists in collaboration with the American Society for Clinical Pathology and the Association for Pathology Informatics. Archives of Pathology & Laboratory Medicine, 146(4), 440–450. https://doi.org/10.5858/arpa.2020-0723-CP
9. Gorman, C., Punzo, D., Octaviano, I., Pieper, S., Longabaugh, W. J. R., Clunie, D. A., Kikinis, R., Fedorov, A. Y., & Herrmann, M. D. (2023). Interoperable slide microscopy viewer and annotation tool for imaging data science and computational pathology. Nature Communications, 14, 1572. https://doi.org/10.1038/s41467-023-37224-2
10. Clunie, D. A., Napora, B., Groth, J., Zerbe, N., Yousif, M., Shelar, G., Sárga, T., Borman, S., Cheng, C., Plewa, P., Bastião Silva, L., Birmingham, R., Philbrick, K., Pellikka, M., Preston, R., Tata, L., Anderson, D., Yang, F., Fedorov, A., ... Carreira, F. (2026). Report on the 2025 DICOM WSI Connectathon. Journal of Pathology Informatics, 21, 100657. https://doi:10.1016/j.jpi.2026.100657

РОЛЬ МІКРОБІОМУ ПУХЛИН У ПРОГРЕСУВАННІ РАКУ ТА ВІДПОВІДІ НА ЛІКУВАННЯ

Власенко Карина Анатоліївна
здобувачка вищої освіти
Костюк Єлизавета Віталіївна
здобувачка вищої освіти
Кочнєва Олена Володимирівна
к.м.н., доцент
Кафедра мікробіології, вірусології та імунології ім. проф. Д.П. Гриньова
Харківський національний медичний університет, Україна

Вступ. Злоякісні пухлини є однією з основних причин смертності у світі, а поширеність раку в Україні продовжує зростати. Це сприяє пошуку нових підходів до діагностики та лікування раку. За останні роки було встановлено, що мікроорганізми здатні колонізувати пухлинну тканину, формуючи пухлинний мікробіом.

Застосування сучасних методів секвенування, зокрема аналізу 16S рРНК та метагеноміки, дало змогу виявити мікроорганізми в пухлинах легенів, молочної залози, підшлункової залози, простати та нирок. Пухлинний мікробіом з стромальними, ендотеліальними та імунними клітинами є складовими мікросередовища пухлини, які можуть впливати на гомеостаз тканини та перебіг раку.

Встановлено, що склад мікробіоти може впливати на ефективність та токсичність лікування інгібіторами імунних контрольних точок. Тому мікробіом вважається потенційним прогностичним маркером та можливою мішенню для підвищення ефективності хіміотерапії, променевої терапії та імунотерапії.

Мета дослідження: з'ясувати роль мікробіому пухлин у механізмах онкогенезу та прогресування злоякісних новоутворень, проаналізувати його вплив на ефективність протипухлинної терапії та визначити перспективні напрями її покращення.

Методи дослідження: аналіз, систематизація наукової літератури, даних досліджень з баз PubMed, Scopus та Google Scholar.

Результати дослідження. Мікробіом пухлини формується шляхом прямого проникнення через пошкоджені слизові бар'єри, дифузії з прилеглих тканин, транслокації разом із метастазуючими пухлинними клітинами, а також гематогенного та лімфогенного поширення з мікробіома кишечника. Його склад є неоднорідним і залежить від типу пухлини. Аналіз внутрішньої мікробіоти пухлин різної локалізації підтверджує, що бактеріальні та грибкові компоненти здатні викликати мутації в клітинах організму та змінювати імунне мікрооточення пухлини. Це відкриває можливості для розробки мікробіота-спрямованих діагностичних панелей та таргетної терапії.

Мікробіота може сприяти прогресуванню пухлини, стимулюючи утворення нових кровоносних судин та перехід пухлинних клітин до більш агресивного стану. Крім того, вона може пригнічувати протипухлинну імунну відповідь, залучаючи мієлоїдні клітини-супресори та змінюючи співвідношення регуляторних і ефекторних Т-лімфоцитів.

Мікробіом роглядається також як один із факторів прогресування пухлин, який може взаємодіяти з активними формами кисню, змінюючи окисно-відновний гомеостаз та доповнювати клітинні й стромальні компоненти пухлинного мікрооточення.

Мікроорганізми можуть впливати на активність пухлинних клітин та імунну відповідь організму через сигнальні шляхи WNT/β-катенін, NF-κB, Toll-подібні рецептори (TLR), ERK та STING. Їхні метаболіти та активні форми кисню здатні пошкоджувати ДНК, викликати мутації, підтримувати хронічне запалення та створювати мікросередовище, що пригнічує протипухлинний імунітет, сприяючи росту та прогресуванню пухлини. Прикладом генотоксичної дії мікробіоти є колібактин, який продукують деякі штами Escherichia coli.

Відомим представником онкогенної мікробіоти є Fusobacterium nucleatum. За допомогою адгезивних білків FadA та Fap2 він специфічно прикріплюється до клітин колоректальної карциноми, активує сигнальний шлях β-катеніну та посилює запалення й пригнічення імунної відповіді. Крім того, через рецептор TLR4 та адаптерний білок MYD88 він активує аутофагію та знижує рівні певних мікроРНК, що призводить до розвитку хіміорезистентності пухлини до 5-фторурацилу та оксаліплатину та погіршення прогнозу для пацієнтів. Також може пригнічувати піроптоз пухлинних клітин через вісь Hippo/BCL2, і сприяти їх виживанню. Тому, Fusobacterium nucleatum можна вважати мікробним біомаркером та потенційною терапевтичною мішенню при колоректальному раку.

Деякі представники Gammaproteobacteria продукують бактеріальну цитидиндезаміназу, яка інактивує гемцитабін. Це може знижувати концентрацію активної форми препарату та його протипухлинну ефективність при раку підшлункової залози. Таким чином, мікроорганізми здатні не лише змінювати імунну відповідь, а й впливати на фармакокінетику та ефективність цитостатиків.

Дослідження показують, що зміни складу мікробіоти молочної залози й кишечника супроводжують розвиток пухлинного процесу. Також досліджується роль вагінального мікробіому як потенційного маркера та фактора розвитку новоутворень жіночої репродуктивної системи.

Численні клінічні дослідження останніх років встановили різноманітний склад кишкової мікробіоти з переважанням представників родів Akkermansia, Ruminococcus, та продуцентів коротколанцюгових жирних кислот (бутирату та пропіонату). Вони здатні посилювати дозрівання дендритних клітин, сприяти інфільтрації пухлини CD8+ Т-лімфоцитами та підвищувати продукцію інтерферону-γ, посилюючи протипухлинну імунну відповідь. Така мікробіота асоціюється з більш тривалим періодом без рецидивів і кращими показниками виживання у пацієнтів, які отримують інгібітори імунних контрольних точок,

зокрема при меланомі та недрібноклітинному раку легенів. Натомість застосування антибіотиків широкого спектра дії протягом 30 днів до початку імунотерапії та неконтрольоване вживання пробіотиків пов'язані з гіршими результатами лікування.

У дослідженні, в якому взяли участь 438 пацієнтів із меланомою встановлений зв'язок між достатнім споживанням харчових волокон та кращою виживаністю без рецидивів під час імунотерапії. Найкращі результати спостерігалися саме за відсутності прийому комерційних пробіотиків. У паралельних доклінічних дослідженнях дієта з низьким вмістом клітковини та застосування пробіотиків знижували ефективність терапії анти-PD-1 антитілами та зменшували кількість цитотоксичних Т-лімфоцитів, які продукують інтерферон-γ, у пухлинному мікрооточенні. Це свідчить про можливий причинно-наслідковий зв'язок між складом мікробіому та відповіддю на лікування.

Серед підходів до цілеспрямованої модуляції мікробіому для підвищення ефективності імунотерапії розглядають трансплантацію фекальної мікробіоти від пацієнтів, які добре відповіли на лікування. При резистентній меланомі такий підхід дає об'єктивну відповідь у 20–40 % випадків. Також досліджують специфічні бактеріальні консорціуми та дієти з високим вмістом клітковини. Перспективним напрямом є використання генетично модифікованих бактерій для доставки протипухлинних препаратів безпосередньо до пухлини. Також досліджуються мікробні біомаркери, які можуть допомогти прогнозувати ефективність лікування та підбирати його відповідно до особливостей пацієнта.

Висновки. Мікробіом пухлини є активною складовою пухлинного мікрооточення та бере участь у канцерогенезі, запаленні й імуносупресії через різні сигнальні шляхи.

Окремі мікроорганізми, зокрема Fusobacterium nucleatum, Akkermansia та Ruminococcus, можуть впливати на перебіг пухлин і розглядаються як потенційні біомаркери та терапевтичні мішені.

Кишковий і внутрішньопухлинний мікробіом, нераціональне застосування антибіотиків та пробіотиків можуть впливати на ефективність імунотерапії та хіміотерапії.

Модуляція мікробіому за допомогою дієти, бактеріальних консорціумів і трансплантації фекальної мікробіоти, генетично модифіковані бактерії та мікробні біомаркери є перспективним напрямом підвищення ефективності лікування раку.

Список використаних джерел

1. Артьоменко В. В., Настрадіна Н. М., Чіканчі В. О., Iacoban S. R. Вагінальний мікробіом та новоутворення жіночої репродуктивної системи: маркер або чинник впливу? Огляд літератури. Репродуктивна ендокринологія. 2024. № 1. С. 84–92.
2. Швець Ю. В., Бездєнєжних Н. О., Лихова О. О., Чехун В. Ф. Мікробіом та активні форми кисню – синергетичні фактори пухлинної прогресії. Онкологія. 2023. Т. 25, № 4. С. 237–245. DOI: 10.15407/oncology.2023.04.237.

3. Petrelli F., Ghidini A., Dottorini L., Ghidini M., Zaniboni A., Tomasello G. Clinical Evidence for Microbiome-Based Strategies in Cancer Immunotherapy: A State-of-the-Art Review. Medicina. 2025. Vol. 61, No. 9. Art. 1595. DOI: 10.3390/medicina61091595.
4. Spencer C. N., McQuade J. L., Gopalakrishnan V. et al. Dietary fiber and probiotics influence the gut microbiome and melanoma immunotherapy response. Science. 2021. Vol. 374, No. 6575. P. 1632–1640. DOI: 10.1126/science.aaz7015.
5. Wang M., Yu F., Li P. Intratumor microbiota in cancer pathogenesis and immunity: from mechanisms of action to therapeutic opportunities. Frontiers in Immunology. 2023. Vol. 14. Art. 1269054. DOI: 10.3389/fimmu.2023.1269054.
6. Wang N., Fang J. Y. Fusobacterium nucleatum, a key pathogenic factor and microbial biomarker for colorectal cancer. Trends in Microbiology. 2023. Vol. 31, No. 2. P. 159–172. DOI: 10.1016/j.tim.2022.08.010.
7. Zhang S., Huang J., Jiang Z., Tong H., Ma X., Liu Y. Tumor microbiome: roles in tumor initiation, progression, and therapy. Molecular Biomedicine. 2025. Vol. 6. Art.DOI: 10.1186/s43556-025-00248-9.

КАТЕТЕРНІ ОПЕРАЦІЇ ПРИ ЛІКУВАННІ КЛАПАННИХ ВАД СЕРЦЯ В СУЧАСНІЙ ХІРУРГІЇ

Вакуленко А.І.
здобувачка вищої освіти
І медичний факультет
Науковий керівник:
В`юн С.В.
к.мед.н., доцент
Кафедра хірургії №1
Харківський національний медичний університет,
м. Харків, Україна

Актуальність. Серцево-судинні захворювання залишаються одними з найбільш поширених хвороб серед населення всього світу. Хірургічні напрямки лікування, як вроджених, так і набутих хвороб постійно вдосконалюються. За даними наукових джерел, поширеність клапанних вад серця зростає. Прогнозується, що через 20 років лікування серця потребуватимуть понад 3 млн осіб [1]. В сучасній хірургії все більше використовують малоінвазивні методики — ендоскопічні та катетерні операції, які дозволяють проводити оперативні втручання навіть в похилому віці. Вони виступають заміною відкритим операціям та мають значну ефективність в багатьох країнах світу.

Метою роботи було визначити найбільш поширені катетерні операції, які спрямовані на лікування вад серця, основні аспекти їхнього виконання.

Матеріали та методи. Для реалізації поставленої мети було проведено аналіз наукових статей з баз даних PubMed, Web of Science, які опубліковані в період з 2021 по 2026 рік, що стосуються показань, протипоказань до проведення катетерних операцій.

Результати. Транскатетерна імплантація аортального клапана — мініінвазивна операція, для виконання якої вводять катетер через кровоносні судини. Основні показання до проведення даної процедури — це аортальний стеноз у людей понад 70 років. Її можна виконувати при наявності супутніх захворювань, таких як: цукровий діабет, хронічне обструктивне захворювання легень, бронхіальна астма, хронічна хвороба нирок. Не виконують дане оперативне втручання при інфекційному ендокардиті, невідповідності анатомічних розмірів фіброзного аортального кільця, при наявності тромбозів в аорті, також якщо фракція викиду лівого шлуночка становить менше 20%. Методика втручання полягає в тому, що через невеликий розріз у паху вводять катетер через пахову артерію до серця. Потім із застосуванням місцевої анестезії під контролем рентгенографії, трансезофагальної, внутрішньосерцевої ехокардіографії та за допомогою спеціального балона розширюють клапан серця, згодом його фіксують до стінки аорти. Надалі встановлюють біологічний клапан, який після виведення катетера за допомогою стента розправляється. Протягом дня спостерігають за станом пацієнта. Для зміцнення серцево-судинної системи часто призначають програму кардіологічної реабілітації. Ускладнення можливі, але вони трапляються доволі рідко, найчастіше - кровотечі при встановленні катетера. Після проведення даного виду втручання пацієнт швидко відновлюється, зазвичай протягом 3-4 днів. Наукові дослідження стверджують, що для молодшого покоління більш ефективним є відкрите хірургічне втручання - Surgical Aortic Valve Replacement, але при протипоказаннях можуть виконувати також транскатетерну імплантацію аортального клапана [2].

Транскатетерна пластика мітрального клапана виконується за допомогою пристрою MitraClip. Показання до проведення даного виду втручання — тяжка мітральна недостатність, неефективність медикаментозної терапії, наявність супутніх захворювань, якщо фракція викиду лівого шлуночка становить від 20% до 50% та кінцево-систолічний розмір лівого шлуночка більше 70 мм. Якщо ж у пацієнта є ендокардит, ревматичні захворювання мітрального клапана, тромбоз лівого передсердя, певні анатомічні особливості, то хірургічне втручання виконувати не можна. На відміну від транскатетерної імплантації аортального клапана, дана процедура виконується під загальним наркозом. Під контролем інструментальних методів, таких як: рентгенографія, ехокардіографія, вводять катетер до лівої ділянки серця, встановлюють MitraClip в лівому передсерді та переміщують його до мітрального клапана. За допомогою кліпси, яку фіксують в ділянці міжстулкового простору мітрального клапана, відстань стає набагато меншою, стулки клапана тісно прилягають один до одного. Також внаслідок цієї мініінвазивної процедури зворотній кровотік в ліве передсердя значно зменшується. Після проведення процедури катетер виймають. Стан пацієнта

покращується в середньому через 4-5 днів, до цього він перебуває під контролем лікарів. Для післяопераційної профілактики обов`язково призначають антикоагулянтні препарати та регулярно виконують ехокардіографію.

Висновок. За допомогою катетерних операцій лікування клапанних вад серця стало більш зручним та ефективним. Дані методи лікування були відкриті раніше, але наразі постійно вдосконалюються технології, зокрема: з`являється значна кількість видів клапанів, катетерів, навігаційних систем для проведення втручань. Варто зазначити, що значно розширився перелік показань до виконання хірургічних процедур, що робить цей напрямок перспективним для лікування значної частини населення. Мініінвазивні катетерні втручання значно покращили якість життя пацієнтів, зменшили імовірність розвитку супутніх ускладнень внаслідок вад серця.

Список використаних джерел

1. Savelyeva-Kulyk NA. Клапанна хвороба серця у дорослих: діагностика і лікування. Український Медичний Часопис. 2021;22 грудня. Доступно за посиланням: https://umj.com.ua/uk/publikatsia-223517-klapanna-hvoroba-sertsya-u-doroslih-diagnostika-i-likuvannya
2. Ternacle J, Hecht S, Eltchaninoff H, Salaun E, Clavel MA, Côté N, Pibarot P. Durability of transcatheter aortic valve implantation. EuroIntervention. 2024 Jul 15;20(14):e845-e864. doi: 10.4244/EIJ-D-23-01050. PMID: 39007831; PMCID: PMC11228542.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТРЕС-ТЕСТУВАННЯ В ДІАГНОСТИЦІ ХРОНІЧНОГО КОРОНАРНОГО СИНДРОМУ

Сергієнко Ганна Валеріївна
здобувач вищої освіти
3 медичний факультет 5 курс 32 група
Візир Марина Олександрівна
к. мед. н., доцент
Кафедра внутрішньої медицини №1
Харківський національний медичний університет, Україна

Вступ. Сучасна діагностика ішемічної хвороби серця, стабільні форми якої розглядаються в межах концепції хронічного коронарного синдрому (ХКС), спирається на використання функціональних стрес-тестів як на ключовий інструмент для виявлення індукованої ішемії міокарда, оцінки його життєздатності та стратифікації кардіоваскулярного ризику [1]. Згідно з актуальними міжнародними рекомендаціями, візуалізаційні стрес-методи – такі як стрес-ехокардіографія, стрес-магнітно-резонансна томографія серця (стрес-МРТ), позитронно-емісійна томографія (ПЕТ) та однофотонна емісійна

комп'ютерна томографія (ОФЕКТ) – є пріоритетним вибором першої лінії у пацієнтів із помірною та високою претестовою ймовірністю обструктивного ураження коронарних артерій [2, 3]. Завдяки високій діагностичній точності у визначенні гемодинамічно значущих стенозів, здатності оцінювати мікроваскулярну дисфункцію та передбачати ризик розвитку несприятливих кардіальних подій, використання сучасних стрес-тестів дозволяє оптимізувати вибір між медикаментозною терапією та інвазивною реваскуляризацією [1].

Мета: проаналізувати діагностичну цінність та клінічну ефективність сучасних методів функціонального стрес-тестування (стрес-МРТ, стрес-ехокардіографії (стрес-ЕхоКГ), ПЕТ/ОФЕКТ) у виявленні індукованої ішемії міокарда, стратифікації кардіоваскулярного ризику та обґрунтуванні вибору лікувальної тактики у пацієнтів із ХКС.

Матеріали та методи. Проведено аналіз і систематизацію даних сучасних клінічних рекомендацій (ESC 2024, AHA/ACC 2023) та узгоджених позицій профільних товариств щодо діагностики та ведення пацієнтів із ХКС. Порівняльне оцінювання охоплювало діагностичну точність, прогностичну цінність та особливості клінічного застосування основних функціональних методів візуалізації ішемії: стрес-МРТ, стрес-ЕхоКГ, ПЕТ та ОФЕКТ.

Результати. Сучасна неінвазивна діагностика ХКС базується на використанні високоточних функціональних візуалізаційних методів, які демонструють перевагу над традиційною ЕКГ із фізичним навантаженням через її низьку чутливість і специфічність [1]. Стрес-МРТ забезпечує комплексне оцінювання індукованої ішемії, функції лівого шлуночка та життєздатності міокарда без променевого навантаження, володіючи високою чутливістю й специфічністю у виявленні гемодинамічно значущих стенозів порівняно з інвазивною фракційною резервною течією [2, 4]. Стрес-ЕхоКГ є доступним інструментом для виявлення локальної скорочувальної здатності та ішемії, а застосування ультразвукових контрастних речовин дозволяє чітко візуалізувати ендокардіальні межі та аналізувати перфузію міокарда [5]. Водночас ПЕТ та ОФЕКТ забезпечують точну оцінку перфузії, причому ПЕТ вирізняється здатністю здійснювати абсолютну кількісну оцінку міокардіального кровотоку (MBF) та резерву кровотоку (MFR), що необхідно для діагностики багатосудинного ураження та мікроваскулярної дисфункції [2, 3].

Згідно з актуальними рекомендаціями Європейського товариства кардіологів (ESC 2024) та Американської колегії кардіологів / Американської асоціації серця (AHA/ACC 2023), неінвазивні візуалізаційні стрес-тести є засобами першої лінії для пацієнтів із помірною та високою претестовою ймовірністю обструктивної ішемічної хвороби серця [1, 2]. Використання контрастних речовин при стрес-ЕхоКГ є рекомендованим методом (клас I) для покращення діагностичної точності та стратифікації ризику у пацієнтів із незадовільною візуалізацією сегментів [1]. Крім того, додавання показника резерву міокардіального кровотоку (myocardial blood flow reserve, MBFR) при проведенні ПЕТ та стрес-МРТ суттєво підвищує точність діагностики та дозволяє деталізувати стратифікацію кардіоваскулярного

ризику. Систематичне застосування цих методів дозволяє індивідуалізувати оцінку клінічної ймовірності захворювання та оптимізувати обсяг подальших діагностичних втручань [4].

Клінічне значення функціонального стрес-тестування полягає в його здатності виступати ефективним «гейткіпером» перед проведенням інвазивної коронароангіографії, знижуючи частоту необґрунтованих процедур та пов'язаних із ними ризиків [1-3]. Відсутність індукованої ішемії та рубцевих змін за даними стрес-МРТ або стрес-ЕхоКГ визначає відмінний довгостроковий прогноз із річною частотою несприятливих кардіальних подій менше 1% [4]. Водночас виявлення помірного чи тяжкого обсягу ішемізованого міокарда визначає групу високого ризику, для якої реваскуляризація в поєднанні з оптимальною медикаментозною терапією забезпечує суттєве зменшення симптоматики та покращення клінічних наслідків [4, 5].

Висновки. Таким чином, сучасні візуалізаційні функціональні стрес-тести (стрес-МРТ, стрес-ЕхоКГ, ПЕТ/ОФЕКТ) є рекомендованими інструментами першої лінії для діагностики індукованої ішемії міокарда та стратифікації ризику у пацієнтів із помірною та високою претестовою ймовірністю ХКС. Застосування точних кількісних параметрів перфузії, таких як MBFR при ПЕТ та стрес-МРТ, суттєво підвищує діагностичну точність і дозволяє виявляти мікроваскулярну дисфункцію. Функціональне стрес-тестування виступає ефективним «гейткіпером» інвазивних втручань: відсутність ішемії підтверджує безпечність консервативної медикаментозної терапії та відтермінування коронароангіографії, тоді як верифікація помірного чи тяжкого обсягу ішемізованого міокарда дозволяє точно обґрунтувати доцільність реваскуляризації для покращення симптоматики й клінічних наслідків.

Список використаних джерел

1. 2024 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes / K. C. Koskinas, X. Rossello, M. Adamo et al. European Heart Journal. 2024. Vol. 45, Issue 36. P. 3415-3537. DOI: https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae177.
2. 2023 AHA/ACC/ACCP/ASPC/NLA/PCNA Guideline for the Management of Patients With Chronic Coronary Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines / S. S. Virani, L. K. Newby, S. V. Arnold et al. Circulation. 2023. Vol. 148, Issue 9. P. e9-e119. DOI: https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001168.
3. Guidelines for Performance, Interpretation, and Application of Stress Echocardiography in Ischemic Heart Disease: From the American Society of Echocardiography / P. A. Pellikka, A. M. Arruda-Olson, F. A. Chaudhry et al. Journal of the American Society of Echocardiography. 2020. Vol. 33, Issue 1. P. 1-41.e8. DOI: https://doi.org/10.1016/j.echo.2019.07.001.
4. Stress Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging for the Detection of Coronary Artery Disease / G. Vinco, C. Dugo, M. Rigolli et al. Reviews in

Cardiovascular Medicine. 2023. Vol. 24, Issue 9. Art. 254. DOI: https://doi.org/10.31083/j.rcm2409254.
5. Patient centric performance and interpretation of PET myocardial perfusion imaging: a clinical consensus statement of the European Association of Cardiovascular Imaging of the ESC and the American Society of Nuclear Cardiology / B. Abadie, R. Liga, R. Buechel et al. European Heart Journal - Imaging Methods and Practice. 2025. Vol. 3. Art. 345. DOI: https://doi.org/10.1093/ehjimp/qyaf157.

ІНСУЛЬТ У МОЛОДОМУ ВІЦІ: ОСНОВНІ ПРИЧИНИ, ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОФІЛАКТИКИ

Єскін Олександр Ростиславович
к.мед.н., доцент
Кафедра неврології з курсом нейрохірургії
Юсіфов Мухаммадалі Рамізович
здобувач вищої освіти
II факультет медичний
Харківський національний медичний університет
м. Харків, Україна

Актуальність. Інсульт у молодому віці зустрічається рідше, ніж у пацієнтів старших вікових груп, однак його медичне та соціальне значення є значним. За даними сучасних оглядів, близько 10–15% усіх інсультів припадає на молодих дорослих, причому частота ішемічного інсульту в цій віковій групі протягом останніх десятиліть зростає. Наслідки захворювання можуть впливати на працездатність, когнітивні функції, психоемоційний стан та якість життя людини в період найбільшої професійної та соціальної активності [1,2].

Особливістю інсульту у молодих пацієнтів є значна різноманітність його причин. Окрім традиційних судинних факторів ризику, таких як артеріальна гіпертензія, цукровий діабет, дисліпідемія і куріння, необхідно враховувати дисекцію церебральних артерій, кардіоемболічні стани, відкрите овальне вікно, тромбофілії, системні запальні і аутоімунні захворювання, вживання психоактивних речовин, вагітність та післяпологовий період [3,5].

Мета дослідження. Дослідити основні причини розвитку інсульту в молодому віці, охарактеризувати особливості його клінічної та інструментальної діагностики, а також проаналізувати сучасні підходи до первинної та вторинної профілактики з урахуванням модифікованих та специфічних для молодих пацієнтів факторів ризику.

Матеріали та методи. Дослідження проведено у форматі аналізу сучасної наукової літератури, присвяченої етіології, діагностиці, лікуванню і профілактиці інсульту у молодих дорослих. Використано матеріали PubMed, сучасні огляди та наукові публікації, у яких розглядаються особливості

ішемічного та геморагічного інсульту в молодому віці, традиційні й специфічні фактори ризику, а також підходи до встановлення причини цереброваскулярної події [1-5].

Основна частина. Інсульт у молодому віці є неоднорідною за своїм походженням групою цереброваскулярних захворювань. У різних дослідженнях верхню вікову межу молодого інсульту визначають по-різному, найчастіше в межах 45–50 років. Порівняно з пацієнтами старшого віку, у молодих людей значно ширшим є перелік можливих причин ішемічного інсульту, а частина випадків після первинного обстеження залишається криптогенною [1,3].

До традиційних факторів ризику належать артеріальна гіпертензія, куріння, порушення ліпідного обміну, ожиріння, цукровий діабет, недостатня фізична активність та надмірне вживання алкоголю. Їх поширеність серед молодих пацієнтів поступово зростає, що частково пояснює збільшення частоти інсультів у цій віковій групі. Важливе значення має раннє виявлення цих факторів, оскільки їх корекція дозволяє знизити ризик першої і повторної судинної події [2,3].

Водночас у молодих пацієнтів необхідно шукати причини, які менш характерні для старших вікових груп. Однією з них є дисекція внутрішньої сонної або хребтової артерії [1,3]. Вона може виникати спонтанно або після травми і призводити до формування тромбу з подальшою емболізацією церебральних артерій. Підозра на дисекцію особливо важлива при появі неврологічної симптоматики у молодої людини, особливо якщо їй передував біль у шиї або головний біль [1,5].

Значну групу причин становлять кардіоемболічні інсульти. Джерелом емболів можуть бути порушення серцевого ритму, структурні захворювання серця, внутрішньосерцеві тромби і деякі вроджені особливості [3,5]. У молодих пацієнтів окрему увагу приділяють відкритому овальному вікну, особливо при інсульті без встановленої іншої причини. У таких випадках результати ехокардіографії і інших кардіологічних досліджень можуть мати значення для визначення подальшої тактики профілактики [2,3].

Окремий напрям діагностичного пошуку становлять порушення системи гемостазу. Тромбофілічні стани можуть підвищувати схильність до тромбозів та бути причиною ішемічного інсульту, особливо за відсутності традиційних судинних факторів ризику [1]. Необхідність спеціального обстеження на тромбофілії визначається клінічною ситуацією, сімейним анамнезом і результатами первинного обстеження, оскільки універсальне тестування всіх молодих пацієнтів не завжди є обґрунтованим [3].

До специфічних факторів ризику також належать системні аутоімунні і запальні захворювання, васкуліти, деякі генетичні хвороби, інфекції та інші патологічні стани. У жінок додатково необхідно враховувати вагітність і післяпологовий період, застосування естрогенвмісних контрацептивів та пов’язані з ними зміни системи згортання крові. Вживання кокаїну, амфетамінів

і інших психоактивних речовин також може бути пов’язане з розвитком цереброваскулярних подій у молодих людей [1,2]. **

Якщо у молодої людини раптово погіршилося самопочуття, насамперед варто звернути увагу на симптоми, які можуть свідчити про інсульт. Це може бути слабкість або оніміння руки чи ноги з одного боку, порушення мовлення, зору, координації та рівноваги. Іноді стан супроводжується різким і сильним головним болем [3].

Щоб підтвердити інсульт, пацієнту проводять обстеження головного мозку за допомогою КТ або МРТ. КТ зазвичай виконують першою, оскільки вона швидко показує наявність крововиливу. МРТ є більш чутливою до ранніх ішемічних змін і може виявити навіть невеликі ділянки ураження [4].

Після встановлення діагнозу важливо з’ясувати, що саме стало причиною інсульту. Для цього перевіряють судини голови та шиї за допомогою КТ-ангіографії, МР-ангіографії або ультразвукового дослідження [5]. За результатами дослідження можна оцінити стан артерій, виявити можливі зміни їхньої будови та кровотоку, що допомагає уточнити причину інсульту.

У молодих пацієнтів важливо відрізняти інсульт від інших захворювань, які також можуть проявлятися раптовими неврологічними симптомами [2]. Схожі прояви можуть виникати при мігрені з аурою, після епілептичного нападу, при зниженні рівня глюкози в крові або функціональних неврологічних порушеннях. Тому для встановлення правильного діагнозу враховують клінічну картину та результати обстеження головного мозку і судин.

Лікування гострого інсульту визначається його типом, часом від початку симптомів та результатами нейровізуалізації. При ішемічному інсульті у відповідних пацієнтів розглядається реперфузійна терапія, тоді як при внутрішньомозковому крововиливі лікувальна тактика має інший характер [4]. Водночас для молодого віку принциповим залишається не лише невідкладне лікування, а й встановлення причини інсульту, оскільки саме етіологія визначає подальшу вторинну профілактику.

Профілактику інсульту в молодому віці варто розпочинати ще до появи перших судинних проблем. Основними заходами є контроль артеріального тиску та маси тіла, регулярна фізична активність, відмова від куріння, обмеження вживання алкоголю, збалансоване харчування, а також регулярний контроль рівня глюкози та холестерину в крові [3,4].

Після інсульту подальшу профілактику визначають з урахуванням його причини. При атеросклеротичних змінах судин проводять корекцію факторів ризику та призначають необхідне лікування [4]. Якщо причиною стала кардіоемболія, основна увага зосереджується на контролі її джерела. При дисекції артерій, тромбофілії та інших станах тактику лікування підбирають індивідуально для кожного пацієнта.

Профілактика також передбачає інформування молоді про основні симптоми інсульту та важливість своєчасного звернення по медичну допомогу. Раннє розпізнавання неврологічних проявів дає змогу швидше провести

необхідну діагностику та розпочати лікування. Під час профілактичної роботи варто враховувати поширені серед молодих людей фактори ризику, зокрема куріння, недостатню фізичну активність, надлишкову масу тіла, психоемоційне навантаження та вживання психоактивних речовин [3].

Висновки. Інсульт у молодому віці є актуальною неврологічною проблемою, оскільки може призводити до тривалої інвалідизації та втрати працездатності в період активного соціального і професійного життя. Його розвиток пов'язаний як із традиційними судинними факторами ризику, так і з широким спектром специфічних причин, серед яких дисекція церебральних артерій, кардіоемболічні стани, тромбофілії, аутоімунні захворювання, вагітність і післяпологовий період, вживання психоактивних речовин та інші патологічні стани.

Діагностика інсульту у молодого пацієнта повинна включати швидке проведення нейровізуалізації та комплексне дослідження церебральних судин, серцево-судинної системи й основних лабораторних показників. Виявлення конкретної причини має принципове значення для вибору лікування та подальшої вторинної профілактики. Профілактичні заходи повинні бути спрямовані на контроль модифікованих факторів ризику, своєчасне лікування супутніх захворювань і корекцію специфічних причин, які були встановлені під час обстеження.

Список використаних джерел

1. Putaala J. Ischemic Stroke in Young Adults. Continuum (Minneap Minn). 2020 Apr;26(2):386-414. doi: 10.1212/CON.0000000000000833. PMID: 32224758.
2. Yahya T, Jilani MH, Khan SU, Mszar R, Hassan SZ, Blaha MJ, Blankstein R, Virani SS, Johansen MC, Vahidy F, Cainzos-Achirica M, Nasir K. Stroke in young adults: Current trends, opportunities for prevention and pathways forward. Am J Prev Cardiol. 2020 Sep 9;3:100085. doi: 10.1016/j.ajpc.2020.100085. PMID: 34327465; PMCID: PMC8315351.
3. Tan BY, Tan SML, Ng MBJ, Chan BP. Ischaemic stroke in young adults: an overview of the classification, risk factors, aetiologies and outcomes. Singapore Med J. 2026 Mar 1;67(3):138-148. doi: 10.4103/singaporemedj.SMJ-2024-010. Epub 2025 Mar 14. PMID: 40084701; PMCID: PMC13132559.
4. Донецький обласний центр контролю та профілактики хвороб. Інсульт «молодшає»: що треба знати, щоб знизити ризики! Доступ: https://dn.cdc.gov.ua/article/insult-molodshaye-shho-treba-znaty-shhob-znyzyty-ryzyky/?utm_source
5. Зозуля І.С., Волосовець А.О., Пархоменко Б.Л. Щодо деяких патогенетичних механізмів ішемічного інсульту в осіб молодого віку (огляд літератури). Український медичний часопис. 2022. № 6 (152). С. 24–28. DOI: 10.32471/umj.1680-3051.152.231316.

ФАКТОРИ РИЗИКУ РОЗВИТКУ ГОСТРОГО СЕРЕДНЬОГО ОТИТУ У ДІТЕЙ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ У ПРОФІЛАКТИЦІ ЗАХВОРЮВАННЯ

Юсіфов Мухаммадалі Рамізович
здобувач вищої освіти
Шейніна Дарина Михайлівна
здобувачка вищої освіти
II факультет медичний
Світлична Юлія Володимирівна
PhD,асистент
Кафедра оториноларингології та офтальмології
Харківський національний медичний університет, Україна

Вступ. Гострий середній отит є одним із найпоширеніших захворювань ЛОР-органів у дітей та характеризується розвитком запального процесу у порожнині середнього вуха [1]. Найчастіше захворювання виникає у дітей раннього віку, що пов'язано з анатомічними та функціональними особливостями слухової труби [1].

Розвитку гострого середнього отиту часто передують гострі респіраторні інфекції, запальні захворювання носа та носоглотки. Основними проявами захворювання є біль у вусі, підвищення температури тіла, зниження слуху і загальне погіршення самопочуття. Вираженість симптомів може залежати від віку дитини, стану імунної системи та наявності супутньої ЛОР-патології [2, 3].

Актуальність. Гострий середній отит є одним із найпоширеніших захворювань ЛОР-органів у дітей та має значне клінічне значення [1]. Несвоєчасне виявлення та несприятливий перебіг захворювання можуть призводити до зниження слуху, повторних епізодів отиту та розвитку ускладнень [1, 3]. Діти раннього віку мають вищу схильність до виникнення отиту через анатомічні особливості слухової труби. Особливого значення набувають часті респіраторні інфекції, відвідування дитячих колективів, пасивне куріння, штучне вигодовування та аденоїдна гіпертрофія, які можуть підвищувати ризик розвитку захворювання.

Метою роботи є визначення основних факторів, які сприяють розвитку гострого середнього отиту у дітей, і оцінка їх значення для профілактики захворювання. Особливу увагу приділено частим респіраторним інфекціям, аденоїдній гіпертрофії, порушенню функції слухової труби, пасивному курінню та іншим чинникам, що можуть підвищувати ризик виникнення отиту.

Матеріали та методи. Для дослідження були використані сучасні наукові роботи та публікації з українських і міжнародних джерел, представлені у базах даних PubMed, Scopus та Google Scholar. Опрацьовано наукові статті, огляди та сучасні клінічні рекомендації з оториноларингології та педіатрії. Проаналізовано

дані щодо основних факторів ризику розвитку гострого середнього отиту у дітей, особливостей його перебігу, впливу супутніх інфекцій та ЛОР-патології, а також сучасних підходів до профілактики захворювання [1–5].

Основна частина. Гострий середній отит у дітей є запальним захворюванням середнього вуха, яке часто розвивається після перенесених інфекцій верхніх дихальних шляхів. Найбільша частота захворювання спостерігається у дітей перших років життя, що пов’язано з особливостями будови та функціонування слухової труби [1]. У цьому віці її анатомічні характеристики створюють умови для поширення інфекційного процесу з носоглотки до середнього вуха. Перебіг захворювання може супроводжуватися болем у вусі, підвищенням температури тіла, зниженням слуху та змінами загального стану дитини [2].

Одним із основних факторів ризику розвитку гострого середнього отиту є часте виникнення гострих респіраторних інфекцій. Під час запалення слизової оболонки носа і носоглотки може порушуватися функція слухової труби, що призводить до погіршення вентиляції середнього вуха. На цьому тлі змінюється тиск в барабанній порожнині і створюються умови для накопичення рідини і розвитку запального процесу [3]. Особливо це характерно для дітей, які часто хворіють на респіраторні інфекції або перебувають у дитячих колективах [1,2].

Анатомічні та функціональні особливості слухової труби мають значення у виникненні отиту саме у дитячому віці [1]. У маленьких дітей слухова труба коротша, ширша та розташована більш горизонтально, ніж у дорослих. Через це мікроорганізми і секрет із носоглотки можуть легше потрапляти до середнього вуха. У міру росту дитини її анатомічна будова поступово змінюється, а функція слухової труби покращується, що пов’язано зі зменшенням частоти гострого середнього отиту у старших вікових групах [3,4].

Значним фактором ризику є гіпертрофія аденоїдної тканини, яка часто зустрічається у дітей дошкільного та шкільного віку [2,3]. Збільшені аденоїди можуть порушувати нормальну роботу слухових труб і утруднювати вентиляцію барабанної порожнини. Крім механічного впливу, запалена аденоїдна тканина може підтримувати патологічні зміни у носоглотці і сприяти повторному виникненню ЛОР-захворювань [5].

Відвідування дитячих дошкільних установ може бути пов’язане з більшою частотою епізодів гострого середнього отиту. Велика кількість контактів між дітьми сприяє поширенню інфекцій, які уражають верхні дихальні шляхи.

Повторні ГРВІ можуть порушувати роботу слухової труби та створювати умови для розвитку запалення середнього вуха [4]. Для дітей раннього віку цей чинник має більше значення через незавершене формування місцевих захисних механізмів слизових оболонок [1, 3].

Постійний контакт дитини з тютюновим димом у домашньому середовищі може несприятливо впливати на стан верхніх дихальних шляхів [1]. Такий вплив здатний підвищувати схильність до інфекційних процесів у носі та носоглотці. Часте запалення цих структур може супроводжуватися порушенням прохідності

слухової труби і погіршенням вентиляції середнього вуха. У дітей, які регулярно піддаються впливу тютюнового диму, також може частіше спостерігатися повторний розвиток отиту [3].

Спосіб харчування немовляти може мати значення у формуванні схильності до гострого середнього отиту. Грудне молоко забезпечує надходження антитіл та інших захисних речовин, які беруть участь у підтриманні імунітету дитини [1]. Положення дитини під час годування та механіка ковтання можуть відрізнятися при грудному й штучному вигодовуванні [3]. У ранньому віці штучне харчування може бути пов'язане з більшою частотою випадків гострого середнього отиту [2].

Прояви гострого середнього отиту можуть суттєво відрізнятися залежно від віку дитини та характеру перебігу захворювання [2]. Старші діти здатні самостійно описати біль, тиск або закладеність у вусі, а також зниження слуху. У немовлят і дітей раннього віку запідозрити отит можна за дратівливістю, частим плачем, неспокійним сном, відмовою від їжі та гарячкою. При більш вираженому запаленні стан дитини може супроводжуватися сильним болем і загальною слабкістю [4].

Основним методом діагностики гострого середнього отиту є отоскопічне дослідження, під час якого оцінюють стан зовнішнього слухового проходу та барабанної перетинки [2]. При запальному процесі можуть визначатися її почервоніння, випинання, зниження рухливості та інші характерні зміни. Додаткове значення мають тимпанометрія та дослідження слуху, особливо при повторних епізодах захворювання або збереженні ознак порушення вентиляції середнього вуха [3,4].

Профілактика гострого середнього отиту передбачає зменшення впливу факторів, які можна контролювати [1]. Значення мають обмеження контакту дитини з тютюновим димом, зниження ризику поширення респіраторних інфекцій у побуті та дитячих колективах, а також дотримання рекомендацій щодо вакцинації. Грудне вигодовування в ранньому віці також розглядається як один із факторів, що може мати захисне значення [1,4].

Висновок. Аналіз факторів, пов'язаних із гострим середнім отитом у дітей, показує, що ризик захворювання формується під впливом віку, стану дихальних шляхів та умов навколишнього середовища. У дітей раннього віку отит трапляється частіше через особливості слухової труби. Додатковими чинниками можуть бути часті респіраторні інфекції, аденоїдна гіпертрофія, пасивне куріння, перебування в дитячих колективах та штучне вигодовування.

Підтвердження захворювання проводять на основі клінічної картини та отоскопії. При повторному виникненні отиту важливо оцінювати слух і стан носоглотки. Зменшення впливу факторів ризику, профілактика респіраторних інфекцій та контроль супутньої ЛОР-патології є основними напрямами профілактики.

Список використаних джерел

1. Marchisio P, Bortone B, Ciarcià M, Motisi MA, Torretta S, Castelli Gattinara G, Picca M, Di Mauro G, Bonino M, Mansi N, Varricchio A, Marseglia GL, Cardinale F,

Villani A, Chiappini E. Updated Guidelines for the Management of Acute Otitis Media in Children by the Italian Society of Pediatrics: Prevention. Pediatr Infect Dis J. 2019 Dec;38(12S Suppl):S22-S36. doi: 10.1097/INF.0000000000002430. PMID: 31876602.
2. Assiri K, Hudise J, Obeid A. Risk Factors for Chronic and Recurrent Otitis Media in Children: A Review Article. Indian J Otolaryngol Head Neck Surg. 2024 Feb;76(1):1464-1469. doi: 10.1007/s12070-023-04256-5. Epub 2023 Oct 12. PMID: 38440639; PMCID: PMC10908946.
3. Suzuki HG, Dewez JE, Nijman RG, Yeung S. Clinical practice guidelines for acute otitis media in children: a systematic review and appraisal of European national guidelines. BMJ Open. 2020 May 5;10(5):e035343. doi: 10.1136/bmjopen-2019-035343. PMID: 32371515; PMCID: PMC7228535.
4. Лозова Ю. В., Гарюк Г. І., Редька І. В., Почуєва Т. В. Стабілометрична оцінка вестибулярної функції у дітей з середнім отитом. ScienceRise: Medical Science. 2021. № 5(44). С. 32–40. DOI: 10.15587/2519-4798.2021.241951
5. Bondarenko Y., Shushliapina N., Starkova I. Особливості клінічного перебігу та діагностики середнього отиту у дітей на тлі ГРВІ. Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sport. 2025;10(2):17–28. DOI: 10.63341/ujmbs/2.2025.17

ЗМІНИ БІОХІМІЧНОГО СКЛАДУ СЛИНИ ПРИ ЦУКРОВОМУ ДІАБЕТІ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА СТАН ПАРОДОНТА

Пилипенко Олена
PhD, доцентка
Баган Анна
здобувачка вищої освіти
Кафедра теоретичних дисциплін
Донецький національний медичний університет, Україна

Цукровий діабет (ЦД) супроводжується тривалою гіперглікемією, яка суттєво змінює вуглеводний та білковий обмін в організмі. Слина в цьому контексті виступає чутливим біохімічним маркером метаболічних зсувів. При ЦД у ній зростає вміст глюкози, продуктів глікації, змінюються електролітний склад, швидкість секреції та pH, що суттєво порушує гомеостаз ротової порожнини. Гіперглікемія часто супроводжується зниженням швидкості салівації (гіпосалівацією) та розвитком ксеростомії. Це призводить до падіння буферної ємності слини та зміщення її pH у кислий бік. Насичення слини глюкозою створює ідеальне живильне середовище для ацидофільних та пародонтопатогенних мікроорганізмів. Паралельно змінюється мінеральний склад: зростає концентрація кальцію та неорганічних фосфатів, що разом з

порушеною очисною функцією слини прискорює мінералізацію м'якого зубного нальоту та утворення над- і підясенного зубного каменю — головного механічного та бактеріального подразника пародонта [1].

Одночасно пригнічується система антиоксидантного захисту. У пацієнтів із ЦД та пародонтитом спостерігається падіння рівнів відновленого глутатіону та загальної антиоксидантної здатності слини. При ЦД 1-го типу зниження глутатіону тісно пов’язано з глибиною пародонтальних кишень, а при ЦД 2-го типу в поєднанні з пародонтитом виявлено найнижчі показники антиоксидантного захисту [2,3]. Це створює умови для розвитку окисного стресу та пошкодження клітинних мембран.

Важливим фактором деструкції є матриксна металопротеїназа-8 (MMP-8) — ключовий фермент, що розщеплює колаген сполучної тканини [4]. Підвищення її активності в слині при ЦД прискорює деградацію пародонтального прикріплення. Запальну відповідь поглиблює цитокіновий дисбаланс: високі рівні IL-1β, IL-6 та IL-17 підтримують хронічну запальну реакцію та стимулюють остеокластогенез, що призводить до резорбції кісткової тканини.

Біохімічні та імунологічні зрушення супроводжуються глибоким дисбіозом слинного мікробіому. Підвищений вміст глюкози та запальний ексудат сприяють активному розмноженню симбіотичної мікрофлори та анаеробних пародонтопатогенів. Зокрема, спостерігається різке зменшення представників Firmicutes та Actinobacteria на тлі вірогідного зростання частки Fusobacteria та Spirochetes (зокрема Porphyromonas gingivalis, Treponema denticola)[5].

Таким чином, вплив діабету на пародонт має каскадний характер: гіперглікемія та зниження pH слини запускають окисний стрес, активацію протеолізу і цитокіновий вибух, що в поєднанні з дисбіозом зумовлює деструкцію пародонта. Розуміння цих біохімічних маркерів у слині дозволяє використовувати їх для ранньої діагностики та моніторингу ефективності комплексної терапії пародонтиту у хворих на цукровий діабет.

Список використаних джерел

1. Marques R. C. R., da Silva J. R., Lima C. P. V., Stefani C. M., Damé-Teixeira. (2022). N. Salivary parameters of adults with diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. URL: https://www.oooojournal.net/article/S2212-4403(22)00856-2/abstract
2. Kocaelli H., Yavuz M., Luthfioglu M., et al. (2009). Salivary antioxidants in patients with type 1 or 2 diabetes and inflammatory periodontal disease: a case-control study. URL: https://aap.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1902/jop.2009.090159
3. Pendyala G., Thomas B., Joshi S. R. (2013). Evaluation of Total Antioxidant Capacity of Saliva in Type 2 Diabetic Patients with and without Periodontal Disease: A Case-Control Study. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23378957/
4. Thomas J. T., Joseph B., Varghese S., et al. (2025). Salivary advanced glycated end products, their receptors, and aMMP-8 in periodontitis patients with varying

glycemic levels: a cross-sectional study. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39632588/
5. Ebersole J. L., Kirakodu S. S., Zhang X., Dawson D. III, Miller C. S (2025). Salivary microbiome and biomarker characteristics of diabetics with periodontitis. Molecular Oral Microbiology. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/42087591/

УДК: 616.831-001.5-06:355/359:615.8

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.007.259-262

CHARACTERISTICS OF HEADACHE IN INDIVIDUALS WHO SUSTAINED A MILD CLOSED TRAUMATIC BRAIN INJURY CAUSED BY A COMBAT-RELATED BLAST

Tondiy Oksana
MD, PhD, Associate Professor
Zavalna Olena
MD, PhD, Associate Professor,
Florikian Vartanusch
MD, PhD, Associate Professor,
Sukhonosova Olga
MD, PhD, DSc, Professor
Department of Neurology and Pediatric Neurology,
Kharkiv National Medical University, Ukraine

Keywords: Combat-related traumatic brain injury (CRBI), concussion, contusion, headache, cognitive disorders, anxiety, depression, sleep disorders, diffuse symptoms

Amid the full-scale war, traumatic brain injury (TBI) is one of the most pressing issues in modern Ukrainian medicine. Currently, TBI is among the most common and serious injuries sustained by combatants [2–11]. Military personnel face the highest and most constant risk of sustaining a traumatic brain injury. In this context, we most frequently encounter so-called "blast injury," with diagnoses such as "blast injury, acute closed traumatic brain injury, and concussion" [2–4, 7]. However, there is still no clear understanding of the mechanisms and consequences of combat-related trauma regarding the functional state of the brain. Scientific literature pays particular attention to the specific characteristics of combat-related traumatic brain injuries and the mechanisms of injury, such as blast waves, barotrauma, shrapnel wounds, toxic effects, and acoustic factors [2, 3, 7]. Sustaining one or more concussions subsequently leads to neurological disorders, negatively affecting the physical and psycho-emotional state of combatants [6,8]. An individualized approach to the treatment and rehabilitation of such patients is

crucial [2,7]. The frequent presence of comorbid conditions (depression, anxiety, alcohol abuse, sleep disturbances) not only complicates the course of traumatic brain injury (TBI) but also significantly worsens the prognosis [6,8]. These conditions may present with symptoms that are mistakenly attributed to the aftereffects of the TBI. This necessitates a multidisciplinary approach to the diagnosis and treatment of individuals with mild blast-induced traumatic brain injury (bTBI) [2,7]. Thus, traumatic brain injury (TBI) in a military context is not merely a physical injury to the brain but a complex interplay of psychophysiological, social, and behavioral factors requiring systematic study and integrated medical care. Mild TBI—specifically concussion—is one of the most common types of injury in combat zones. This injury is a source of growing concern due to its potential long-term physical, psychological, and cognitive consequences [3-5, 8, 9, 11]. Although it is generally considered less severe than moderate or severe TBI, research indicates that even a mild injury can lead to persistent impairments that significantly affect the quality of life of those affected [7-9]. Such impairments are detectable via neuroimaging [1, 2, 9, 10, 12, 13].

Materials and methods: We monitored 127 male patients, aged 30–58, who sustained a closed craniocerebral injury or concussion while performing combat missions to defend the Homeland during the period from January 2023 to August 2026. The time elapsed since the injury ranged from 1 to 3 years. Patients were enrolled following an assessment of their somatic and neurological status and cognitive functions (MMSE scale), laboratory and instrumental examinations (electroencephalography [EEG] and neuroimaging [brain CT or MRI]) [1,2,9,10,12,13], and an evaluation of anxiety (GAD-7 scale) and the severity of depression (DEPS) [7-9]. The study group included patients with no comorbid chronic somatic pathology in the decompensation stage, no reliable evidence of alcohol, precursor, narcotic, or psychoactive substance abuse, and no history of oncological disease. However, all 127 patients in the study group smoked 20–30 cigarettes per day.

Results: The predominant complaint was a constant or near-constant headache—diffuse (84 patients), parietal (31 patients), or occipital (12 patients)—with an intensity of 6 to 8 on the Visual Analog Scale (VAS). All patients reported a sensation of pressure on the eyeballs, as well as sensitivity to bright light and loud sounds, and an intensification of the headache upon head movement. All patients complained of dizziness that worsened with head movements or changes in body position, gait instability, frequent lightheadedness, and—periodically—brief losses of consciousness (lasting up to one minute). All patients reported tinnitus and hearing loss in either one ear (79 individuals) or both ears (48 individuals). All patients reported sleep disturbances; four patients stated that their total daily sleep duration was four hours or less. All 127 patients noted impaired memory for recent events, frequent mood swings, emotional instability, anxiety, and a nearly constant depressed mood.

Neurological examination revealed scattered organic signs in all patients, including oculomotor abnormalities (horizontal nystagmus in 89 patients, impaired convergence in all 127 patients, restricted outward eye movement in 47 patients, and a positive Gurevich-Mann oculostatic phenomenon in 37 patients), mild asymmetry of

the nasolabial folds in all 127 patients, symmetrically brisk tendon reflexes in the upper and lower limbs in all 127 patients, axial reflexes (palmomental reflex) in 79 patients, and a bilateral Rossolimo sign in the hands in 94 patients. A positive Romberg sign was observed in 81 patients, unsteadiness during coordination tests in 86, and dysmetria in 41. No sensory disturbances were noted. Regarding comorbid conditions, all 127 patients exhibited persistent aching pain along the spine and some limitation of movement in the cervical and lumbar regions.

Laboratory blood tests revealed erythrocytosis in a significant number of patients (72 individuals)—specifically, hemoglobin levels of 165–175 g/L and erythrocyte counts.

5.5–6 × 10^{12}/L, as well as (in 64 patients) thrombocytosis—a platelet count of 400–700 × 10^{9}/L

EEG analysis in all patients revealed marked diffuse changes in cerebral bioelectrical activity, signs of paroxysmal activity with a tendency toward generalization, subharmonic rhythm assimilation in the 1–15 Hz range, and pronounced signs of mediobasal structure dysfunction, as well as a seizure threshold that was either average (79 patients) or above average (48 patients). Hypersynchronization of the alpha rhythm and a local increase in beta activity were observed in patients with a disease duration of up to two years (116 individuals); the presence of delta activity in the anterior regions of the brain was common to both patient groups.

Anxiety assessment using the GAD-7 scale revealed a high level of anxiety (15–17 points) in 82 patients and a moderate level (12–14 points) in 45 patients. Assessment of depression severity using the DEPS scale showed a moderate level of depression (10–14 points) in all 127 patients. Cognitive function assessment using the MMSE scale revealed impaired memory for current and recent events (27–28 points) in all 127 patients. Consequently, all 127 patients received recommendations for a psychiatric consultation and adjustment of their pharmacological treatment.

Upon consultation with an otorhinolaryngologist, all patients presented with either unilateral (79 patients) or bilateral (48 patients) sensorineural hearing loss (SNHL).

Brain CT (computed tomography) or MRI scans in all patients—regardless of the time elapsed since the injury—revealed enlargement of the ventricular system and subarachnoid spaces, which are signs of cerebral atrophy.

Conclusions: Thus, blast-induced brain injury—classified in all examined patients as a mild closed traumatic brain injury (concussion)—manifests clinical, neurophysiological, and specific structural changes; this underscores the need for qualified medical care and rehabilitation, as well as the continued search for ways to improve diagnosis and treatment.

References

1. Берченко О.Г., Левічева Н.О., Лемонджава З.М. та ін. Електроенцефалографічні характеристики ускладнень бойової черепно-мозкової травми в гострому періоді // Український вісник психоневрології, 2024. 10.36927/2079-0325-V32-is1-2024-2
2. Бовт Ю.В., Забродіна Л.П., Коршняк В.О. та ін. Мінно-вибухова черепно-мозкова травма: комплексна оцінка чинників ризику та реабілітаційних

перспектив // Український вісник психоневрології, 2025. 10.36927/2079-0325-V33-is3-2025-4
3. Медико-соціальні особливості забезпечення медичною допомогою населення з легкою формою черепно-мозкової травми внаслідок дії вибухової хвилі // Експериментальна і клінічна медицина, 2022. 10.35339/ekm.2022.91.1.cob
4. Новий клінічний протокол медичної допомоги «Струс головного мозку: алгоритм лікування легкої черепно-мозкової травми». – 2025. – 57с. https://share.google/IdIH4CFASNLbZRsBA
5. Привалова Н.М., Забродіна Л.П., Коршняк В.О. та ін. Деякі нейропсихологічні маркери особливостей перебігу процесу відновлення у пацієнтів після мінно-вибухових закритих черепно-мозкових травм // Психіатрія, неврологія та медична психологія, 2026
10.26565/2312-5675-2026-35-07
6. Сорокін А.В., Терещенко Л.А. Вибухова черепно-мозкова травма: особливості та терапевтичний потенціал лікування «Нейромідином» // Український неврологічний журнал, 2026. 10.30978/UNJ2026-2-30
7. Цимбалюк В.І., Посохов М.Ф., Супрун Е.В. Легкі черепно-мозкові травми, пов’язані з бойовими діями: актуальні особливості // Український вісник психоневрології, 2023
10.36927/2079-0325-V31-is3-2023-1
8. Черненко І.І. Бойова черепно-мозкова травма: патогенетичні механізми формування віддалених наслідків // Психіатрія, неврологія та медична психологія, 2025. 10.26565/2312-5675-2025-28-02
9. Черненко І.І. Вплив структурно-морфологічних змін головного мозку в осіб з тяжкою бойовою черепно-мозковою травмою на особливості клініки, перебіг захворювання, стан когнітивних функцій // Психіатрія, неврологія та медична психологія, 2024.
10.26565/2312-5675-2024-25-03
10. Черненко І.І. Особливості змін біоелектричної активності мозку у пацієнтів із наслідками бойової черепно-мозкової травми залежно від ступеня тяжкості // Український вісник психоневрології, 2024. 10.36927/2079-0325-V32-is4-2024-12
11. Черненко І.І. Особливості впливу наслідків бойової черепно-мозкової травми на когнітивну сферу пацієнтів залежно від ступеня тяжкості та катамнезу // Психіатрія, неврологія та медична психологія, 2024. 10.26565/2312-5675-2024-23-04
12. Amico F, Koberda JL. Quantitative Electroencephalography Objectivity and Reliability in the Diagnosis and Management of Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. Clin EEG Neurosci. 2023 Oct 4:15500594231202265. doi: 10.1177/15500594231202265.
13. Franke LM, Perera RA, Sponheim SR. Long-term resting EEG correlates of repetitive mild traumatic brain injury and loss of consciousness: alterations in alpha-beta power. Front Neurol. 2023 Aug 29;14:1241481. doi: 10.3389/fneur.2023.1241481.

LIPIDY I ICH METABOLIZM U OSOB PALACYCH

Pikas Olha Bohdanivna
ORCID ID: 0000-0002-9525-7719
doktor nauk medycznych, professor
profesor katedry ftyzjatrii i pulmonologii
Narodowy uniwersytet medyczny imienia O.O. Bohomolca, Kijów, Ukraina

Resume. In the colon lumen are formed acetic, propionic and butyric FA. Short-chain fatty acids (SCFA) are produced when fiber is fermented in the colon.

Celem naszych badań było ocenić stan kwasów tłuszczowych surfaktanta w KWP palaczy.

Materiały i metody badania. Nami przeprowadzono badanie KWP w 126 osób zdrowych w wieku od 16 do 29 lat, wśród których zaobserwowano 78 (61,9 %) mężczyzn i 48 (30,1 %) kobiet. Wszystkie badane zostały podzielone na 2 grupy. Pierwszą grupę (I) stanowiły 94 (74,6 %) osoby, które nie palą papierosy. Drugą grupę (II) stanowiły 32 (25,4 %) osoby, które palą papierosy. Skład tłustych kwasów fosfolipidów w KWP wyznaczały biochemiczną metodą, w podstawie której leży ekstrakcja lipidów z KWP, wydzielanie fosfolipidów, metylowanie i analiza chromatografii gazowej tłustych kwasów w chromatografu gazowego serii "Cvet - 500".

Wyniki badań i ich dyskusja. Analiza naszych badań wykazała, że u nie palących (I grupa) występuje w największej ilości palmitynowy kwas tłuszczowy (C16:0), któryj wyniosł (52,03 ± 1,40) %. U osób I grupy występuje wysoka zawartość kwasu stearynowego (C18:0) – (19,30 ± 1,09) % i nienasyconego kwasu oleinowego (C18:1) – (20,67 ± 1,30) %. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe stanowią (7,73 ± 0,09) %.

Wnioski. U palaczy zmienia się skład kwasów tłuszczowych lipidów w KWP.

Aktualność. Palenie w świecie jest powszechne i dostępne dla wszystkich. Długość palenia i zawód człowieka, wpływa na występowanie przewlekłych nieswoistych chorób układu oddechowego. Według literatury, najczęściej rozwijają się u osób, które palą nie mniej niż 10 papierosów w ciągu doby. Zwiększa się 2-krotnie śmiertelność od przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (POCHP) u osób, które palą codziennie ponad 25 papierosów, w porównaniu z osobami, które palą mniej niż 15 papierosów na dobę. Rośnie także rak płuc równolegle do wzrostu konsumpcji papierosów. U osób, które palą więcej niż 20 papierosów dziennie, ryzyko zachorowania na raka płuc w 20-30 razy więcej, niż u tych, które nie palą. Podobna tendencja zaznacza się w odniesieniu do wskaźników śmiertelności z powodu raka. Osoby, które palą ponad 15 lat, z codziennym użyciu ponad 15 papierosów należą do grupy wysokiego ryzyka w odniesieniu do tej choroby [4].

Dym papierosowy wpływa na procesy biochemiczne [1], które odbywają się w płucach, powodując zaburzenia funkcji komórek nabłonkowych i makrofagi pęcherzyków płucnych i hamują tworzenie elastyny. W dymie papierosów zawiera około 1900 składników, pod wpływem których może być toksyczne, mutagenne i

rakotwórcze działanie na organizm człowieka [4]. W jego skład wchodzą nikotyna, amoniak, dioksyn, tlenek węgla, siarkowodór, cyjanki, formaldehyd, polifenole i inne substancje toksyczne. W skład dymu papierosowego wykryto również cząstki niklu, kadmu i polonia. Z każdym zaciąganiem dymem do organizmu człowieka przedostaje się zbyt wiele szkodliwych substancji (w szczególności, nikotyna, tlenek węgla i kadm).

Składniki papierosowego dymu sprzyjają obniżeniu progu spastycznego działania oskrzeli, zwiększają ilość makrofagów i neutrofilów, co towarzyszy wydzielaniem nadmiernej ilości enzymów proteolitycznych i utleniaczy [3] ta negatywnie wpływa na stan błony śluzowej oskrzeli i ich łącznej tkanki, sprzyjając rozwojowi obstrukcji i powstaniu chronicznego zapalenia.

W funkcjonowaniu tkanki płucnej znaczenie mają środki powierzchniowo aktywnych właściwości surfactanta, w skład którego wchodzą nasycone i nienasycone kwasy tłuszczowe (KT). Surfactant płuc można wykryć w kondensacie wydychanego powietrza (KWP), więc zmiana jego powierzchniowo aktywnych właściwości i ocena ich są informacyjna dla diagnostyki procesów patologicznych w narządach oddechowych. **Celem** naszych badań było ocenić stan kwasów tłuszczowych surfaktanta w KWP palaczy.

Materiały i metody badania. Nami przeprowadzono badanie KWP w 126 osób zdrowych w wieku od 16 do 29 lat, wśród których zaobserwowano 78 (61,9 %) mężczyzn i 48 (30,1 %) kobiet. Wszystkie badane zostały podzielone na 2 grupy. Pierwszą grupę (I) stanowiły 94 (74,6 %) osoby, które nie palą papierosy. Drugą grupę (II) stanowiły 32 (25,4 %) osoby, które palą papierosy.

KWP zebrano za pomocą specjalnej spiralnej szklanej rurki-skraplacza, wcześniej odtłuszczonej w chromowej mieszance, dobrze przemytej destylowaną wodą i sterzlizowane zgodnie z listem informacyjnym "Sposób badania wydzielniczej funkcji płuc" (O. B. Pikas, R.G. Protsiuk, 2000) [2].

Skład tłustych kwasów fosfolipidów w KWP wyznaczały biochemiczną metodą, w podstawie której leży ekstrakcja lipidów z KWP, wydzielanie fosfolipidów, metylowanie i analiza chromatografii gazowej tłustych kwasów w chromatografu gazowego serii "Cvet - 500" z detektorem jonizacji plazmowej w trybie izotermicznym. Ilościową ocenę zakresu tłustych kwasów przeprowadzały za metodą normowania płaszczyzn i wyznaczenia części tłustych kwasów w % [2]. Błąd wyznaczenia wskaźników składał 10 %.

Wyniki badań i ich dyskusja. W KWP zdrowych osób zostało zidentyfikowano 5 kwasów tłuszczowych, z których nasycone (palmitynowy i stearynowy) i nienasyconych (oleinowy, linolowy i arachidonowego). Najbardziej wrażliwe na peroksydację lipidów wielonienasycone kwasy tłuszczowe (WNKT) lipidów, wśród których – linolowy i arachidonowy kwasy tłuszczowe.

Analiza naszych badań wykazała, że u nie palących (I grupa) występuje w największej ilości palmitynowy kwas tłuszczowy (C16:0), któryj wyniosł (52,03 ± 1,40) %. U osób I grupy występuje wysoka zawartość kwasu stearynowego (C18:0) – (19,30 ± 1,09) % i nienasyconego kwasu oleinowego (C18:1) – (20,67 ± 1,30) %. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe stanowią (7,73 ± 0,09) %.

U osób z II grupy (palacze) 2 razy zmniejsza się zawartość wieloenowego (dihomo – γ – linolenowego) kwasu tłuszczowego (C20:3) (do (0,54 ± 0,11) % w porównaniu (1,12 ± 0,54) % u tych, którzy nie palą, $p < 0,05$) i częściowo zwiększa poziom arachidonowego kwasu tłuszczowego (C20:4) do (3,27 ± 0,53) %, $p > 0,05$ (u nie palących – (2,78 ± 0,69) %). Zwiększenie zawartości wieloenowych KT (S22:4,6) (2,57 ± 1,32) % u palaczy przeciwko (2,04 ± 0,44) % u niepalących ($p < 0,05$) i linolowego KT (C18:2) do (1,71 ± 1,35) % u niepalących ($p < 0,05$) przeciwko (1,29 ± 0,81) % u nie palących przyczynia się do zwiększenia w nich udziału WNKT, co kompensuje się wiarygodnym obniżeniem ilości dihomo – γ – linolenowego KT (C20:3).

Wnioski. U palaczy zmienia się skład kwasów tłuszczowych lipidów w KWP. Zwiększenie zawartości WNKT w KWP palaczy są wynikiem działania składników dymu z papierosów, co aktywuje wolno-radykalne procesy surfactanta płuc, powoduje rozwój procesów patologicznych w płucach i świadczy o możliwości o możliwości kompensator-adaptacyjnej reakcje organizmu, która ma na celu utrzymanie funkcjonalnej integralności biologicznej komórki błony.

Badanie składu kwasów tłuszczowych i ich analizę można polecić do określenia grupy ryzyka chorób oskrzelowo-płucnych, co będzie sprzyjało uzasadnionemu wyborowi taktyki leczenia.

Literatura

1. Асмолов О.К., Рибак Т.А., Герасимова Н.А. [та ін.] (2009) Вплив тютюнопаління на цитокіновий потенціал у хворих із тяжкою формою хронічних обструктивних захворювань легень. Одеський медичний журнал, (6) , 37–40.
2. Рыбакова Е.В., Сидельников В.М., Брюзгина Т.С., Кравченко Э.Я. (1991) Способ газохроматографического определения липидов в конденсате выдыхаемого воздуха. Информационное письмо, 2 с.
3. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD). GLOBAL strategy for the diagnosis and prevention of chronic obstructive lung disease: VHLBI / WHO worfeshop.
4. Ph. Leydberger, J. Schwartz, U. Ackerman-Leibrich (1994) Passive smoking exposure in adults and chronic respiratory symptoms (SAPALDIA study). Am. J. Resp. Critic. Care. Med., (150), 1221–1228.

COMPUTER MORPHOMETRY IN HISTOLOGICAL RESEARCH

Chernikova Halyna
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
Department of Histology, Cytology and Embryology
Bukovinian State Medical University, Chernivtsi, Ukraine

Abstract. Computer morphometry is an important area of digitalization in histological research, enabling the quantitative assessment of morphological parameters of cells, tissues, and their structural components. The aim of the study was to analyze current approaches to the use of computer morphometry in histology, the main stages of digital morphometric analysis, and the possibilities for its automation. A review of full-text scientific publications devoted to methods for the quantitative analysis of histological images, software tools, and the automated identification of morphological structures was conducted. It was established that computer morphometry expands the possibilities for objective quantitative assessment of histological material; however, the reliability of the obtained results depends on the quality of digital images, standardization of the study, appropriate selection of the areas of analysis, and segmentation methods. Further development of this field is associated with the improvement of automated analysis and the integration of morphometric methods with digital image-processing technologies.

Keywords: artificial intelligence; machine learning; deep learning; digital histology; digital pathology; histological images; whole-slide imaging; segmentation; classification; foundation models.

Introduction. Quantitative assessment of morphological characteristics is an important component of modern histological research, as it complements the descriptive characterization of tissues with objective numerical parameters. The development of digital histology and software-based image analysis has created opportunities for the automated determination of the size, area, number, and spatial characteristics of cells and tissue structures [1–3].

Aim and Objectives of the Study. The aim of the study was to analyze current approaches to the application of computer morphometry in histological research, characterize the main stages of digital morphometric analysis, and identify the possibilities and limitations of its automation.

To achieve this aim, the following objectives were defined:

1. to characterize the main principles of computer morphometry of histological images;
2. to review modern software tools for the quantitative analysis of morphological structures;
3. to analyze the possibilities of automated segmentation and object identification;
4. to identify the main factors affecting the reliability of morphometric results.

Materials and Methods. A review of full-text scientific publications devoted to the application of computer morphometry in histological research was conducted. The

analysis included sources addressing methods for the quantitative assessment of histological images, software tools for morphometric analysis, automated segmentation and identification of morphological structures, as well as factors affecting the reproducibility and reliability of the results. Particular attention was paid to modern approaches to the digital analysis of histological images and the potential for their use in improving the objectivity of morphometric studies.

Results and Discussion. Computer morphometry involves the quantitative assessment of the morphological characteristics of cells, tissues, and their structural components based on digital histological images. A typical workflow includes image acquisition, preprocessing, object identification and segmentation, measurement of morphometric parameters, and subsequent analysis of the obtained data [1,2].

An important advantage of computer morphometry is the possibility of standardized quantitative assessment of morphological features, which reduces the dependence of the results on the subjective visual perception of the researcher [1,2]. Therefore, the use of computer morphometry requires a standardized approach to digital image acquisition, selection of areas for analysis, and measurement parameters [1,2]. Accurate identification of the objects under study and their boundaries is one of the key stages of morphometric analysis, as segmentation errors directly affect the results of quantitative assessment [1,3].

For quantitative analysis, the area and perimeter of structures, their linear dimensions, the number of objects, the ratio of the areas of tissue components, and other morphometric parameters can be determined [1,2]. Modern software tools enable both manual and semi-automated measurements of digital histological images[4,6]. One of the most widely used tools is QuPath, which supports the processing of large digital histological images, their visualization, annotation, and quantitative analysis [4,5].

Alongside traditional measurement methods, algorithms for the automated identification and segmentation of cells and tissue structures are being developed. Current approaches demonstrate the feasibility of automated identification of morphological objects and extraction of quantitative characteristics from digital histological images [7–9]. Such approaches may be particularly useful when analyzing large numbers of images, as they reduce the amount of repetitive manual work [7–9]. For example, the Myosoft software tool enables automated analysis of the morphological characteristics of muscle fibers, demonstrating the potential application of computer morphometry to specialized histological tasks [9].

At the same time, automation of morphometric analysis does not guarantee accurate results without image quality control, correct identification of the objects under study, and evaluation of algorithm performance [1,2]. The results may be affected by staining quality, artifacts arising during specimen preparation and digitization, heterogeneity of morphological structures, and the selection of segmentation parameters [1,2]. Therefore, the reliability of computer morphometry depends not only on the capabilities of the software but also on the standardization of the entire research process [1,2].

The representativeness of the material under study is also of particular importance. The selection of areas of a digital slide for morphometric analysis should take into account the distribution characteristics of the structures under investigation and should not be limited to individual, potentially non-representative fields of view [10]. Thus, the design of a morphometric study, the principles governing the selection of areas, and the number of analyzed regions are important components in obtaining reproducible results [10].

Thus, computer morphometry expands the possibilities for the quantitative analysis of histological material and creates conditions for a more objective assessment of morphological changes. The integration of digital morphometry with automated segmentation and image-analysis algorithms contributes to improving research efficiency; however, it requires methodological standardization, quality control, and appropriate interpretation of the obtained results [1,2,7,10].

Conclusions. Computer morphometry is an effective tool for the quantitative assessment of the morphological characteristics of cells and tissues in digital histological images. Modern software tools and automated segmentation methods expand the possibilities for objective and reproducible morphometric analysis. At the same time, the reliability of the results is determined by the quality of the digital material, the accuracy of object identification and segmentation, methodological standardization, and the representativeness of the sample. Further development of computer morphometry is associated with improving the automated analysis of digital histological images and enhancing the reproducibility of the obtained morphometric data.

References

1. Aeffner, F., Zarella, M. D., Buchbinder, N., Bui, M. M., Goodman, M. R., Hartman, D. J., Lujan, G. M., Molani, M. A., Parwani, A. V., Lillard, K., Turner, O. C., Vemuri, V. N. P., Yuil-Valdes, A. G., & Bowman, D. (2019). Introduction to digital image analysis in whole-slide imaging: A white paper from the Digital Pathology Association. Journal of Pathology Informatics, 10, 9. https://doi.org/10.4103/jpi.jpi_82_18

2. Lara, H., Li, Z., Abels, E., Aeffner, F., Bui, M. M., ElGabry, E. A., Kozlowski, C., Montalto, M., Parwani, A. V., Zarella, M. D., Bowman, D., Rimm, D., & Pantanowitz, L. (2021). Quantitative image analysis for tissue biomarker use: A white paper from the Digital Pathology Association. Applied Immunohistochemistry & Molecular Morphology, 29(7), 479–493. https://doi.org/10.1097/PAI.0000000000000930

3. Bankhead, P. (2022). Developing image analysis methods for digital pathology. The Journal of Pathology, 257(4), 391–402. https://doi.org/10.1002/path.5921

4. Bankhead, P., Loughrey, M. B., Fernández, J. A., Dombrowski, Y., McArt, D. G., Dunne, P. D., McQuaid, S., Gray, R. T., Murray, L. J., Coleman, H. G., James, J. A., Salto-Tellez, M., & Hamilton, P. W. (2017). QuPath: Open source software for digital pathology image analysis. Scientific Reports, 7, 16878. https://doi.org/10.1038/s41598-017-17204-5

5. Humphries, M. P., Maxwell, P., & Salto-Tellez, M. (2021). QuPath: The global impact of an open source digital pathology system. Computational and Structural Biotechnology Journal, 19, 852–859. https://doi.org/10.1016/j.csbj.2021.01.022
6. Schroeder, A. B., Dobson, E. T. A., Rueden, C. T., Tomancak, P., Jug, F., & Eliceiri, K. W. (2021). The ImageJ ecosystem: Open-source software for image visualization, processing, and analysis. Protein Science, 30(1), 234–249. https://doi.org/10.1002/pro.3993
7. Lee, C. A., Sánchez Moreno, C., & Badyaev, A. V. (2024). FInCH: FIJI plugin for automated and scalable whole-image analysis of protein expression and cell morphology. MethodsX, 13, 102855. https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102855
8. Buckels, E. J., Ross, J. M., Phua, H. H., Bloomfield, F. H., & Jaquiery, A. L. (2022). Whole-slide imaging and a Fiji-based image analysis workflow of immunohistochemistry staining of pancreatic islets. MethodsX, 9, 101856. https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101856
9. Encarnacion-Rivera, L., Foltz, S., Hartzell, H. C., & Choo, H. (2020). Myosoft: An automated muscle histology analysis tool using machine learning algorithm utilizing FIJI/ImageJ software. PLoS ONE, 15(3), e0229041. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229041
10. Brown, D. L. (2017). Bias in image analysis and its solution: Unbiased stereology. Journal of Toxicologic Pathology, 30(3), 183–191. https://doi.org/10.1293/tox.2017-0013

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.008.269-274

INTEGRATING THE KOSICHENKO ONCOLOGY BARRIER INDEX (K-OBI) INTO SIMULATION-BASED COSMETOLOGY EDUCATION: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR PROFESSIONAL BOUNDARIES

Kosichenko Anna
Master's degree
Founder and Director, H&G Advanced Skin Institute by Hush and Glow, LLC, USA

Abstract. Clients receiving or recovering from anticancer therapy may seek aesthetic skin care while treatment-related cutaneous adverse events and impaired barrier function make routine procedures unsuitable. Aesthetic professionals are not licensed to interpret these changes, and structured education on modifying, postponing, or declining a procedure remains limited. The aim of this study was the conceptual substantiation of an evidence-informed framework for integrating the Kosichenko Oncology Barrier Index (K-OBI) into simulation-based cosmetology education, with emphasis on professional boundaries, referral decisions, and client safety. A focused

narrative review and conceptual analysis compared the published structure of K-OBI with supportive oncology guidance and simulation education standards. The analysis produced four decision zones (conservative care, modification or postponement, medical referral, and a non-diagnostic boundary), each linked to observable learner actions, scenario design, debriefing, and assessment. K-OBI is positioned as a non-diagnostic educational framework requiring independent validation and pilot testing.

Keywords: cutaneous adverse events; anticancer therapy; scope of practice; medical referral; healthcare simulation; debriefing; client safety.

Introduction. Chemotherapy, targeted agents, and radiotherapy frequently cause cutaneous adverse events, including acneiform eruptions, xerosis, pruritus, nail changes, and acute radiation dermatitis, which compromise barrier function and may reduce skin tolerance of procedures and topical products (Lacouture et al., 2021; Behroozian et al., 2023). Many guideline recommendations for these reactions rest on expert consensus because controlled evidence remains insufficient (Behroozian et al., 2023). People living with or beyond cancer may nevertheless seek skin care in aesthetic settings, where the licensure of professionals, defined in the United States by state law, excludes the diagnosis and treatment of disease (Kosichenko, 2026b).

The safe response of an aesthetic professional to an unexplained or treatment-related skin change is therefore a boundary decision rather than an interpretation: proceeding with conservative care, adapting or postponing the procedure, or advising a physician consultation. Such decisions already occur informally. Among 203 surveyed hair professionals in Houston, Texas, only 28.1% had formal skin cancer education, yet many routinely examined customers' scalp, neck, and face for suspicious lesions (Bailey et al., 2011). Referral behavior thus exists, but formal preparation for it is uncommon.

Simulation-based education allows such decisions to be rehearsed without risk to clients. In a meta-analysis of 609 studies, technology-enhanced simulation was associated with large effects on knowledge, skills, and behaviors compared with no intervention (Cook et al., 2011), with effectiveness depending on design features such as feedback and deliberate practice (McGaghie et al., 2010). Current standards treat prebriefing and debriefing as integral phases of simulation (INACSL Standards Committee, Persico, et al., 2025; INACSL Standards Committee, Decker, et al., 2025), and Ukrainian authors locate the novelty of contemporary simulation in structured design and explicit learning objectives rather than in equipment (Kuchyn et al., 2026).

This evidence concerns mainly physicians and nurses. The use of non-diagnostic decision-support frameworks in the simulation-based training of aesthetic professionals serving clients with a cancer history or treatment-related skin changes remains insufficiently studied. K-OBI, a recently described framework for aesthetic safety assessment during active cancer treatment (Kosichenko, 2026a), offers a possible scaffold, but its educational use has been examined only in a source-based instructional model without outcome data (Kosichenko, 2026b). This paper builds on the educational model described by Kosichenko (2026b), with a focus on simulated encounters. The four decision zones used here organize selected decisions and

professional boundaries for teaching; they do not replace the five information domains and seven decision functions identified in that article.

Aim and objectives of the study. The aim of this study was the conceptual substantiation of an evidence-informed framework for integrating K-OBI into simulation-based cosmetology education, with emphasis on professional boundaries, referral decisions, and client safety. The objectives comprised the characterization of the structure and stated limits of K-OBI, the identification of decision zones relevant to clients affected by cancer treatment, and the alignment of these zones with the phases and assessment methods of simulation-based education.

Materials and methods. The study was designed as a focused narrative review and conceptual analysis (Sukhera, 2022). The object of analysis was the version 1.0 description of K-OBI (Kosichenko, 2026a) and its first educational adaptation (Kosichenko, 2026b). Supporting literature was selected purposively, with priority given to guidelines, consensus statements, systematic reviews, and professional standards, and covered dermatologic adverse events of anticancer therapy, skin barrier impairment, recognition of skin changes by non-medical personal care professionals, simulation-based education (prebriefing, debriefing, and standardized patients), and competency assessment. No systematic database search, screening protocol, or risk-of-bias appraisal was performed, and no human participants were involved. Each K-OBI component was examined for consistency with a non-diagnostic role, presence of an explicit stop or referral pathway, observability of the required learner action, and feasibility of reproduction in a simulated encounter.

Results of the study and their discussion. As described by its developer, K-OBI combines a mandatory initial Safety Stop with five weighted domains: oncologic treatment context, client-reported skin discomfort, visible signs of barrier impairment, home care and environmental factors, and aesthetic safety modifiers (Kosichenko, 2026a). A preliminary caution estimate on a 0–100 scale directs the professional either toward progressively conservative care or toward a Safety Hold, in which aesthetic procedures are paused. The framework explicitly excludes diagnosis, toxicity grading, and advice on anticancer therapy and does not replace assessment by an oncologist or dermatologist (Kosichenko, 2026a). As in the published educational model (Kosichenko, 2026b), the learning tasks assess observations, decisions, explanations, and documentation rather than calculation of a K-OBI score. Comparison with the reviewed literature yielded four decision zones (Table 1). In the first zone, conservative care may be considered when no stopping condition or mandatory override is identified, subject to relevant restrictions and contraindications. The absence of visible barrier changes does not itself establish that a procedure is safe. In the second zone, treatment context, reported symptoms, or visible barrier changes call for modifying or postponing a procedure, consistent with guidance that centers on preventive skin care and on avoiding further injury to compromised skin (Lacouture et al., 2021; Behroozian et al., 2023). The third zone covers new, worsening, painful, or unexplained changes, including suspicious lesions, which require advising medical evaluation. The fourth zone is a boundary across all situations: the professional does not name a condition,

estimate its severity, or comment on anticancer treatment. Because client pressure tests this boundary most directly, it is the central target for simulation.

Table 1 – Conceptual alignment of K-OBI decision zones with simulation-based learning outcomes

Decision zone	**K-OBI element engaged**	**Expected learner action**	**Assessment evidence**
Conservative care	No stopping condition or mandatory override identified; relevant restrictions reviewed	Selects a conservative option within applicable restrictions and documents the reason	Screening checklist; record completeness
Modification or postponement	Treatment context, reported symptoms, or visible changes indicate a need to modify or postpone care	Modifies or defers the procedure and explains why	Rating of rationale and of client explanation
Medical referral	New, worsening, or unexplained change; Safety Hold	Pauses the service and advises physician evaluation without interpretation	Standardized client feedback; communication rating
Non-diagnostic boundary	All zones	Does not name, grade, or treat a condition or comment on therapy	Boundary errors reviewed in debriefing

*compiled by the author on the basis of Kosichenko (2026a, 2026b) and the reviewed literature

Each zone can be expressed as a scenario with one learning objective. In prebriefing, learners review the purpose and limits of K-OBI, the scenario context, and ground rules for psychological safety (INACSL Standards Committee, Persico, et al., 2025). A standardized client can then be scripted to test a single decision, for instance a client receiving an epidermal growth factor receptor inhibitor who requests a chemical peel for a papulopustular eruption attributed to acne (Lacouture et al., 2021), or a client insisting on an intensive procedure on recently irradiated skin. Standardized patient methodology supplies procedures for case development, portrayal training, and structured feedback (Lewis et al., 2017). Facilitated debriefing examines not only whether the learner reached the appropriate zone but also how the decision was reasoned, explained, and documented (INACSL Standards Committee, Decker, et al., 2025).

Such performance corresponds to the “shows how” level of the Miller framework, demonstrating what a learner can do under controlled conditions rather than in daily practice (Miller, 1990). Checklists derived from the K-OBI sequence capture procedural completeness, whereas global ratings and standardized client feedback suit communication and boundary maintenance. The first educational adaptation of K-OBI removed numerical scoring from learner tasks because version 1.0 does not define an unambiguous order for calculating the visual component (Kosichenko, 2026b), shifting training toward judgment and documentation. On this basis, K-OBI may support earlier

recognition of situations outside the aesthetic scope of practice and may facilitate consistent referral language; both expectations require evaluation.

Several limitations apply. K-OBI lacks independent prospective validation, and neither its predictive validity nor the reliability of its scoring has been demonstrated. Descriptions of the framework come predominantly from its developer, which calls for external review by an interdisciplinary panel representing dermatology, oncology, nursing and medical education, and appropriately regulated aesthetic practice. The educational model has not been pilot tested in any curriculum. A framework with a numerical output also risks being overinterpreted by learners, clients, or employers as a diagnostic or screening instrument. Finally, the narrative design may have missed relevant evidence, and because the scope of aesthetic practice varies by jurisdiction, any curriculum must follow local licensing rules.

Conclusions. K-OBI is conceptually suitable as a non-diagnostic decision-support framework for simulation-based cosmetology education. Its Safety Stop, weighted domains, and Safety Hold can be mapped onto four decision zones that organize selected decisions for teaching and make professional boundaries explicit and observable. Within a structured cycle of prebriefing, scenario, debriefing, and assessment, the framework can be used to rehearse procedure modification, postponement, and referral decisions without risk to clients. K-OBI does not establish oncologic diagnoses, does not guide cancer treatment, and does not by itself establish the safety of an aesthetic procedure. Independent prospective validation and pilot educational testing with predefined learning and safety outcomes are required before any claims of effectiveness or broader implementation.

References

1. Bailey, E. E., Marghoob, A. A., Orengo, I. F., Testa, M. A., White, V. R., & Geller, A. C. (2011). Skin cancer knowledge, attitudes, and behaviors in the salon: A survey of working hair professionals in Houston, Texas. Archives of Dermatology, 147(10), 1159–1165. https://doi.org/10.1001/archdermatol.2011.184
2. Behroozian, T., Bonomo, P., Patel, P., Kanee, L., Finkelstein, S., van den Hurk, C., Chow, E., Wolf, J. R., & MASCC Oncodermatology Study Group Radiation Dermatitis Guidelines Working Group. (2023). Multinational Association of Supportive Care in Cancer (MASCC) clinical practice guidelines for the prevention and management of acute radiation dermatitis: International Delphi consensus-based recommendations. The Lancet Oncology, 24(4), e172–e185. https://doi.org/10.1016/S1470-2045(23)00067-0
3. Cook, D. A., Hatala, R., Brydges, R., Zendejas, B., Szostek, J. H., Wang, A. T., Erwin, P. J., & Hamstra, S. J. (2011). Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis. JAMA, 306(9), 978–988. https://doi.org/10.1001/jama.2011.1234
4. INACSL Standards Committee, Decker, S., Sapp, A., Bibin, L., Chidume, T., Crawford, S. B., Fayyaz, J., Johnson, B. K., & Szydlowski, J. (2025). Healthcare

Simulation Standards of Best Practice®: The debriefing process. Clinical Simulation in Nursing, 105, Article 101775. https://doi.org/10.1016/j.ecns.2025.101775

5. INACSL Standards Committee, Persico, L., Ramakrishnan, S., Wilson-Keates, B., Catena, R., Charnetski, M., Fogg, N., Jones, M. C., Ludlow, J., MacLean, H., Simmons, V. C., Smeltzer, S., & Wilk, A. (2025). Healthcare Simulation Standard of Best Practice® prebriefing: Preparation and briefing. Clinical Simulation in Nursing, 105, Article 101777. https://doi.org/10.1016/j.ecns.2025.101777

6. Kosichenko, A. (2026a). The Kosichenko Oncology Barrier Index (K-OBI): An evidence-informed esthetic decision-support framework for skin barrier screening during active cancer treatment (Version 1.0) [Preprint]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.22714343

7. Kosichenko, A. (2026b). Onkolohichnyi indeks shkirnoho bariera Kosichenko v pidhotovtsi estetystiv: rishennia shchodo dohliadu v mezhakh profesiinykh povnovazhen [The Kosichenko Oncology Skin Barrier Index in esthetician training: Care decisions within the scope of professional authority]. Akademichni vizii, (59). https://doi.org/10.66556/2786-586X.59.kosichenko-a

8. Kuchyn, Y., Bielka, K., & Lymar, L. (2026). Simulation medical training in Ukraine: Is the approach as new as it is portrayed? Medicine and Pharmacy: Educational Discourses, (3), 3–11. https://doi.org/10.32782/eddiscourses/2026-3-1

9. Lacouture, M. E., Sibaud, V., Gerber, P. A., van den Hurk, C., Fernández-Peñas, P., Santini, D., Jahn, F., & Jordan, K. (2021). Prevention and management of dermatological toxicities related to anticancer agents: ESMO Clinical Practice Guidelines. Annals of Oncology, 32(2), 157–170. https://doi.org/10.1016/j.annonc.2020.11.005

10. Lewis, K. L., Bohnert, C. A., Gammon, W. L., Hölzer, H., Lyman, L., Smith, C., Thompson, T. M., Wallace, A., & Gliva-McConvey, G. (2017). The Association of Standardized Patient Educators (ASPE) Standards of Best Practice (SOBP). Advances in Simulation, 2, Article 10. https://doi.org/10.1186/s41077-017-0043-4

11. McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Petrusa, E. R., & Scalese, R. J. (2010). A critical review of simulation-based medical education research: 2003–2009. Medical Education, 44(1), 50–63. https://doi.org/10.1111/j.1365-2923.2009.03547.x

12. Miller, G. E. (1990). The assessment of clinical skills/competence/performance. Academic Medicine, 65(9 Suppl.), S63–S67. https://doi.org/10.1097/00001888-199009000-00045

13. Sukhera, J. (2022). Narrative reviews: Flexible, rigorous, and practical. Journal of Graduate Medical Education, 14(4), 414–417. https://doi.org/10.4300/JGME-D-22-00480.1

PATIENTS WITH INTESTINAL POLYPS AND THEIR LIPID METABOLISM

Pikas Petro Bohdanovych
ORCID ID: 0000-0003-2977-300X
assistant
Department of Highly Specialized Surgery and Transplantation Medicine
Educational and Scientific Institute of Professional Excellence
Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Resume. In the colon lumen are formed acetic, propionic and butyric FA. Short-chain fatty acids (SCFA) are produced when fiber is fermented in the colon.

The aim – to assess the composition of fatty acids in blood serum of patients with polyps in the intestine.

Material and methods. There have been examined 35 (53,0 %) healthy individuals (I group comparison) and 31 (47,0 %) patients who have intestinal polyps found 1-2 (II group). In healthy individuals and patients with bowel polyps studied the fatty acid composition of lipids in the blood serum (biochemical method) for gas-liquid chromatography series "Cvet – 500".

Results and discussion. In the II group of people increased content of polyunsaturated fatty acids (PUFA) to (41,8 ± 1,8) %, $p < 0,001$ (in the I group (healthy individuals) – (18,8 ± 1,8) %). The total content of saturated fatty acids significantly decreased in the II group of people to (41,0 ± 1,6) % ($p < 0,001$) (in the I group – (57,0 ± 2,0) %).

Conclusions. In patients with intestinal polyps, the composition of lipid fatty acids changes (the total content of unsaturated fatty acids increases and the total content of saturated fatty acids decreases).

Actuality. Ecosystem is a complex intestinal epithelial cells, immune cells of intestinal neurons intestinal microflora and nutrients. It is the basis for the functioning of the gastrointestinal tract and the body in general. One of important component of this system is a short chain fatty acid (FA). They are produced primarily by anaerobic bacteria that dominate the composition of intestinal microflora. All of diseases peculiar to certain changes in the intensity of lipid peroxidation (LPO). The main with substrate of LPO is phospholipids membranes. When the hydrolysis of phospholipids are formed lyso-compounds and fatty acids (FA).The most are sensitive to LPO is linoleic FA (C18:2) and arachidonic FA (C20:4).

In the colon lumen are formed acetic, propionic and butyric FA. Short-chain fatty acids (SCFA) are produced when fiber is fermented in the colon. They are mainly produced during fermentation of the soluble dietary fiber by beneficial large intestinal bacteria. They act as a source of energy for the cells lining the colon [3]. The rate and amount of SCFA production depends on the species and amounts of microflora present in the colon, the substrate source and gut transit time. SCFAs are readily absorbed. Butyrate is the major energy source for colonocytes. Butyric FA is with the short-chain. Butyric FA maintains intestinal homeostasis and strengthens of his barrier function. Butyric acid is

inherent anti-inflammatory and anti-cancer action. The largest concentration is in the colon acetate (60 %) to a lesser extent in the lumen of the colon propionate (25 %) and butyrate (15 %). Deficiency of short chain fatty acid promotes the development of inflammatory processes in the intestines, ulcerative colitis and colon cancer. As was shown during the studies in vitro, butyric acid causes inhibition of proliferation [5], leads to apoptosis [6] and increases the degree of differentiation of tumor cells as a powerful stimulator of physiological proliferation in the basal crypts of the mucosa of the colon [4] and at the same time, prevents the spread of proliferation zone towards surface crypt - a phenomenon that is associated with a tendency to malignant growth.

In a human body some fatty acids mutually are converted into other (through joining or splitting off carbon). Therefore, the quality and quantity of change may indicate the presence of the pathological process and activity of these reactions.

The aim – to assess the composition of fatty acids in blood serum of patients with polyps in the intestine.

Material and methods. There have been examined 35 (53,0 %) healthy individuals (I group comparison) and 31 (47,0 %) patients who have intestinal polyps found 1-2 (II group). Patients were on treatment (outpatient or inpatient) at the clinic of State Institution "National Institute of Surgery and Transplantation named after O.O. Shalimov" NAMS Ukraine. There were conducted the study. By using colonoscopy detected polyps in all parts of the colon. During esophagogastroduodenoscopy were detected polyps of the stomach and duodenum. During endoscopy fence material was performed polyp biopsy (to rule out or confirm its malignancy) and studied its morphology.

In healthy individuals and patients with bowel polyps studied the fatty acid composition of lipids in the blood serum (biochemical method) for gas-liquid chromatography series "Cvet – 500". Quantitative assessment of the fatty acid composition of lipids in the blood serum was performed by rationing areas (by identifying the peaks of methyl esters and their shares) (in %) [1, 2].

Results and discussion. In the II group of people increased content of polyunsaturated fatty acids (PUFA) to (41,8 ± 1,8) %, $p < 0,001$ (in the I group (healthy individuals) – (18,8 ± 1,8) %). By PUFA include linoleic (C18:2) and arachidonic (C20:4) FA. In the II group of people increased levels of linoleic (C18:2) and arachidonic (C20:4) LCD. The level of linoleic FA (C18:2) to grow (25,1 ± 1,5) % of patients in the II group, $p < 0,001$ (in the I group – (16,0 ± 1,4) %). Level FA arachidonic (C20: 4) increased to (14,5 ± 1,0) % in the II group, $p < 0,001$ (in the I group – (2,8 ± 0,3) %).

The total content of saturated fatty acids significantly decreased in the II group of people to (41,0 ± 1,6) % ($p < 0,001$) (in the I group – (57,0 ± 2,0) %).

In the blood serum people in the II group appeared myristic (C14:0) and margarine (C17: 0) FA, $p < 0,001$. As individuals and I groups myristic (C14:0) and margarine (C17:0) FA absent. In the II group the number of people FA myristic (C14:0) was (13,1 ± 1,0) %. In the II group the number of people margarine FA (C17:0) was (0,9 ± 0,1) %.

In the II group of persons in blood serum authentically decreased amount of palmitic (C16: 0) and stearic (C18: 0) FA: according to (21,4 ± 1,0) % and (4,0 ± 0,4)

% ($p < 0,001$) compared to a I group. At the level of individuals and palmitic FA was ($41,9 \pm 0,9$) %, and stearic FA – ($15,1 \pm 1,3$) %.

Conclusions. In patients with intestinal polyps, the composition of lipid fatty acids changes (the total content of unsaturated fatty acids increases and the total content of saturated fatty acids decreases) compared to healthy individuals. Therefore, it is necessary to correct fatty acids in the treatment of patients with intestinal polyps.

Literature

1. Гичка С.Г., Брюзгина Т.С., Веретик Г.М. (1998) Газохроматографический метод определения липидных показателей крови при ишемической болезни сердца. Український кардіологічний журнал, (7-8), 50–52.
2. Сазоненко Л.В., Вітовський Я.М., Брюзгіна Т.С. (2003) Вивчення ліпідних показників сироватки крові у вагітних з прееклампсією в динаміці лікування. Медична хімія, (1), 86–88.
3. Canani R.B. (2011) Potential beneficial effects of butyrate in intestinal and extraintestinal diseases. World J. Gastroenterol., (17, 12), 1519–1528.
4. Scheppach W., Weiler F. (2004) The butyrate story: old wine in new bottles ? Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care., (7, 5), 563–567.
5. Comalada M. (2006) The effects of short-chain fatty acids on colon epithelial proliferation and survival depend on the cellular phenotyp. J. Cancer Res Clin Oncol., (132, 8), 487–497.
6. Chirakkal H. (2006) Upregulation of BAK by butyrate in the colon is associated with increased Sp3 binding. Oncogene, (25, 54), 7192–7200.

ЛЮПУС-НЕФРИТ ЯК ПРОЯВ СИСТЕМНОГО ЧЕРВОНОГО ВОВЧАКА: ФАКТОРИ РИЗИКУ, ДІАГНОСТИКА ТА ПРОГНОЗ

Ксьонз Ольга Сергіївна
здобувачка освіти 5 курсу
ІІ медичний факультет
Котелюх Марія Юріївна
д.мед.наук, доцент
Кафедра внутрішньої медицини №2,
клінічної імунології та алергології ім. академіка Л.Т. Малої
Харківський національний медичний університет, Україна

Вступ. Системний червоний вовчак (СЧВ) є хронічним системним аутоімунним захворюванням, яке характеризується порушенням імунної толерантності, утворенням аутоантитіл та ураженням різних органів і систем. Одним із найбільш клінічно значущих проявів СЧВ є люпус-нефрит (ЛН), який суттєво впливає на якість життя пацієнтів та довгостроковий прогноз

захворювання [1, 2]. Ниркове ураження може проявлятися протеїнурією, гематурією, нефротичним синдромом, артеріальною гіпертензією та зниженням швидкості клубочкової фільтрації [1, 7]. Патогенез ЛН пов'язаний переважно з утворенням і відкладенням імунних комплексів у нирковій тканині, активацією системи комплементу та розвитком локального запального процесу [1, 9]. Клініко-морфологічні прояви захворювання є гетерогенними, що зумовлює відмінності у відповіді на лікування та прогнозі [3, 4]. Своєчасне виявлення ниркового ураження має принципове значення, оскільки рання діагностика та адекватна терапія можуть знизити ризик прогресування хронічної хвороби нирок [1, 8].

Мета. Проаналізувати сучасні уявлення про фактори ризику розвитку люпус-нефриту, основні підходи до його діагностики та фактори, що визначають прогноз у пацієнтів із СЧВ.

Матеріали та методи. Проведено аналіз сучасних наукових публікацій, міжнародних клінічних рекомендацій та систематичних оглядів, присвячених люпус-нефриту та нирковому ураженню при СЧВ [1–10]. Основну увагу приділено даним, опублікованим протягом останніх років, щодо факторів ризику, лабораторної та морфологічної діагностики, оцінки активності захворювання та прогностичних критеріїв.

Результати. До факторів, асоційованих із розвитком та несприятливим перебігом люпус-нефриту, належать висока активність СЧВ, наявність анти-dsDNA-антитіл, зниження рівнів компонентів комплементу, протеїнурія, артеріальна гіпертензія та порушення функції нирок [1, 7, 9]. Важливе значення має регулярний моніторинг загального аналізу сечі, співвідношення білок/креатинін у сечі, рівня креатиніну та розрахункової швидкості клубочкової фільтрації [1, 6, 10]. За даними дослідження Euro-Lupus Nephritis Trial [5] було з'ясовано, що рівень протеїнурії через 12 місяців є індивідуальним предиктором довгострокового ниркового прогнозу у хворих із вовчаковим нефритом.

Важливим етапом діагностичного алгоритму є визначення показань до проведення біопсії нирки [1, 3]. Морфологічне дослідження дозволяє встановити клас люпус-нефриту відповідно до класифікації ISN/RPS, оцінити активність і хронічність ураження та має значення для вибору терапевтичної тактики [3]. Особливо несприятливе прогностичне значення мають персистуюча протеїнурія, неповна відповідь на терапію, збереження активного запального процесу та прогресуюче зниження функції нирок [4–8].

Сучасна концепція ведення пацієнтів із ЛН передбачає не лише контроль активності системного захворювання, а й досягнення максимально повної ниркової відповіді та запобігання незворотному пошкодженню ниркової тканини [1, 2, 8]. Оцінка клінічних, імунологічних та морфологічних показників у динаміці дозволяє своєчасно визначати пацієнтів із підвищеним ризиком прогресування захворювання [4, 9, 10].

Висновки. Люпус-нефрит є одним із найбільш важливих органних проявів СЧВ та залишається значущою причиною розвитку хронічної хвороби нирок [1,

7]. Раннє виявлення протеїнурії та інших ознак ниркового ураження, комплексна лабораторна оцінка, своєчасне проведення біопсії нирки за показаннями та визначення морфологічного класу ЛН є основою прогнозування перебігу захворювання [1, 3, 6]. Подальше вивчення факторів ризику та пошук надійних біомаркерів активності й прогресування ЛН сприятимуть удосконаленню персоналізованого підходу до ведення таких пацієнтів [9, 10].

Ключові слова: системний червоний вовчак, люпус-нефрит, нирки, протеїнурія, аутоімунні захворювання, біопсія нирки, прогноз, біомаркери.

Список використаних джерел

1. Fanouriakis, A., Kostopoulou, M., Cheema, K., Anders, H. J., Aringer, M., Bajema, I., Boletis, J., Frangou, E., Houssiau, F. A., Hollis, J., Karras, A., Marchiori, F., Marks, S. D., Moroni, G., Mosca, M., Parodis, I., Praga, M., Schneider, M., Smolen, J. S., Tesar, V., … Boumpas, D. T. (2020). 2019 Update of the Joint European League Against Rheumatism and European Renal Association-European Dialysis and Transplant Association (EULAR/ERA-EDTA) recommendations for the management of lupus nephritis. Annals of the rheumatic diseases, 79(6), 713–723. https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2020-216924
2. Kostopoulou, M., Fanouriakis, A., Cheema, K., Boletis, J., Bertsias, G., Jayne, D., & Boumpas, D. T. (2020). Management of lupus nephritis: a systematic literature review informing the 2019 update of the joint EULAR and European Renal Association-European Dialysis and Transplant Association (EULAR/ERA-EDTA) recommendations. RMD open, 6(2), e001263. https://doi.org/10.1136/rmdopen-2020-001263
3. Bajema, I. M., Wilhelmus, S., Alpers, C. E., Bruijn, J. A., Colvin, R. B., Cook, H. T., D'Agati, V. D., Ferrario, F., Haas, M., Jennette, J. C., Joh, K., Nast, C. C., Noël, L. H., Rijnink, E. C., Roberts, I. S. D., Seshan, S. V., Sethi, S., & Fogo, A. B. (2018). Revision of the International Society of Nephrology/Renal Pathology Society classification for lupus nephritis: clarification of definitions, and modified National Institutes of Health activity and chronicity indices. Kidney international, 93(4), 789–796. https://doi.org/10.1016/j.kint.2017.11.023
4. Parodis, I., Tamirou, F., & Houssiau, F. A. (2020). Prediction of prognosis and renal outcome in lupus nephritis. Lupus science & medicine, 7(1), e000389. https://doi.org/10.1136/lupus-2020-000389
5. Dall'Era, M., Cisternas, M. G., Smilek, D. E., Straub, L., Houssiau, F. A., Cervera, R., Rovin, B. H., & Mackay, M. (2015). Predictors of long-term renal outcome in lupus nephritis trials: lessons learned from the Euro-Lupus Nephritis cohort. Arthritis & rheumatology (Hoboken, N.J.), 67(5), 1305–1313. https://doi.org/10.1002/art.39026
6. Tamirou, F., Lauwerys, B. R., Dall'Era, M., Mackay, M., Rovin, B., Cervera, R., Houssiau, F. A., & MAINTAIN Nephritis Trial Investigators (2015). A proteinuria cut-off level of 0.7 g/day after 12 months of treatment best predicts long-term renal outcome in lupus nephritis: data from the MAINTAIN Nephritis Trial. Lupus science & medicine, 2(1), e000123. https://doi.org/10.1136/lupus-2015-000123

7. Yang, J., Liang, D., Zhang, H., Liu, Z., Le, W., Zhou, M., Hu, W., Zeng, C., & Liu, Z. (2015). Long-term renal outcomes in a cohort of 1814 Chinese patients with biopsy-proven lupus nephritis. Lupus, 24(14), 1468–1478. https://doi.org/10.1177/0961203315593166
8. Moroni, G., Gatto, M., Tamborini, F., Quaglini, S., Radice, F., Saccon, F., Frontini, G., Alberici, F., Sacchi, L., Binda, V., Trezzi, B., Vaglio, A., Messa, P., Sinico, R. A., & Doria, A. (2020). Lack of EULAR/ERA-EDTA response at 1 year predicts poor long-term renal outcome in patients with lupus nephritis. Annals of the rheumatic diseases, 79(8), 1077–1083. https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2020-216965
9. Caster, D. J., Merchant, M. L., Klein, J. B., & Powell, D. W. (2018). Precision medicine in lupus nephritis: can biomarkers get us there?. Translational research : the journal of laboratory and clinical medicine, 201, 26–39. https://doi.org/10.1016/j.trsl.2018.08.002
10. Caster, D. J., & Powell, D. W. (2019). Utilization of Biomarkers in Lupus Nephritis. Advances in chronic kidney disease, 26(5), 351–359. https://doi.org/10.1053/j.ackd.2019.09.001

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ РАННЕГО РАЗВИТИЯ ПРЕЭКЛАМПСИИ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И МЕТААНАЛИЗ

Жуманова Саулехан Султанкызы
Врач-резидент по акушерству и гинекологии
Касымбекова Зере Алмасбековна
Врач-резидент по акушерству и гинекологии
Олжабекова Бибинур Асылхановна
Врач-резидент по акушерству и гинекологии
Кафедра акушерства и гинекологии
Казахский национальный медицинский университет
имени С.Д. Асфендиярова
Медицинский центр «Med City», Казахстан

Аннотация

Введение. Преэклампсия представляет собой мультисистемное заболевание в акушерско-гинекологической практике, возникающее после 20 недель гестации и проявляющееся впервые возникшей артериальной гипертензией и генерализованной органной дисфункцией.

Согласно глобальной статистике Всемирной организации здравоохранения, за последний год вследствие преэклампсии было зарегистрировано более 76 000 материнских смертей и 500 000 перинатальных смертей. Среди них распространённость преэклампсии в развивающихся странах составляет от 1,8% до 16,7%. Это, в свою очередь, указывает на то, что бремя заболевания значительно выше в регионах с ограниченным доступом к своевременной диагностике и лечению, включая страны Центральной Азии и Казахстан.

Раннее прогнозирование преэклампсии имеет большое клиническое значение для профилактики возможных осложнений; при этом научно установлено, что профилактическое назначение низких доз аспирина до 16 недель гестации существенно снижает риск преэклампсии и перинатальных осложнений. Тем не менее, неполное понимание патофизиологических механизмов преэклампсии, наличие различных факторов риска и большое количество патогенетических фенотипов дополнительно затрудняют её раннее прогнозирование.

В настоящее время традиционные статистические модели, включая логистическую регрессию и модель конкурирующих рисков FMF, основаны на материнских характеристиках и биомаркерах; однако, учитывая их ограниченную прогностическую и дискриминационную способность, использование методов машинного обучения вызывает возрастающий интерес.

Поскольку алгоритмы машинного обучения обладают высокой способностью обрабатывать многомерные данные и сложные нелинейные

взаимосвязи, они потенциально имеют более высокую прогностическую способность в отношении преэклампсии по сравнению с традиционными методами.

Гетерогенность исследований, опубликованных в последние годы, недостаточная внешняя валидация и вопросы, связанные с клинической трансляцией прогностических моделей, остаются нерешёнными.

Цель исследования. Основной целью настоящего исследования является статистическая оценка роли методов искусственного интеллекта и машинного обучения в раннем прогнозировании преэклампсии с использованием методологий систематического обзора и метаанализа, сравнение прогностической эффективности моделей и уточнение перспектив их клинического применения.

Задачи исследования. Во-первых, материалы были собраны с использованием поисковой стратегии в соответствии с рекомендациями PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

Во-вторых, был проведён поиск исследований, опубликованных в период с января 2023 года по сентябрь 2026 года, в базах данных PubMed, Web of Science, IEEE Xplore, Scopus, Embase и Cochrane Library.

В-третьих, прогностическая эффективность была статистически оценена с использованием собранных данных.

Материалы и методы исследования. Во-первых, материалы были собраны с использованием поисковой стратегии в соответствии с рекомендациями PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Поиск проводился в базах данных PubMed, Web of Science, IEEE Xplore, Scopus, Embase и Cochrane Library среди исследований, опубликованных в период с января 2023 года по сентябрь 2026 года, с последующей статистической оценкой прогностической эффективности на основе собранных данных.

Поисковая стратегия включала термины «pre-eclampsia», «machine learning», «artificial intelligence», «deep learning» и «prediction model».

Среди выявленных исследований критериями включения были: исследования, в которых применялись методы машинного обучения и искусственного интеллекта для прогнозирования преэклампсии у беременных женщин; исследования, содержащие явную информацию о разработке или валидации модели; а также исследования, сообщающие статистические данные, включая показатели эффективности, такие как AUC, чувствительность и специфичность.

Критерии исключения включали исследования, не имеющие прямого отношения к теме исследования, и исследования с неполным статистическим отчётом.

Из отобранных исследований были извлечены следующие данные: дизайн исследования, количество участников, тип модели, статистические данные, наборы предикторов, показатели эффективности, включая AUC, чувствительность и специфичность, а также стратегии валидации. Риск

систематической ошибки оценивался с помощью инструмента PROBAST (Prediction model Risk of Bias Assessment Tool).

Результаты исследования. В нашем исследовании путём систематического поиска было отобрано 26 исследований, включающих в общей сложности 31 модель машинного обучения. Большинство включённых исследований использовали ретроспективный когортный дизайн, в то время как доля проспективных исследований была ограниченной. Наиболее часто исследуемыми предикторами были возраст матери, индекс массы тела (ИМТ), паритет, анамнез предыдущей преэклампсии, среднее артериальное давление (САД), пульсационный индекс маточной артерии (УТПИ), плацентарный фактор роста (PlGF) и ассоциированный с беременностью плазменный протеин-А (PAPP-A).

Согласно результатам метаанализа нашего исследования, объединённый показатель AUC моделей машинного обучения составил 0,91 (95% ДИ: 0,87–0,92), хотя был выявлен очень высокий уровень гетерогенности ($I^2 > 99\%$). 95%-ный предикционный интервал для чувствительности охватывал широкий диапазон (0,32–0,96), что указывает на то, что чувствительность может снижаться до 32% во внешних условиях. Среди шести исследований, в которых проводилась внешняя валидация, объединённая чувствительность снизилась до 0,68 (ПИ: 0,25–0,94).

Среди сгруппированных методов наивысшую эффективность продемонстрировали Random Forest (AUC = 0,94, 95% ДИ: 0,91–0,96) и XGBoost (AUC = 0,92, 95% ДИ: 0,90–0,94).

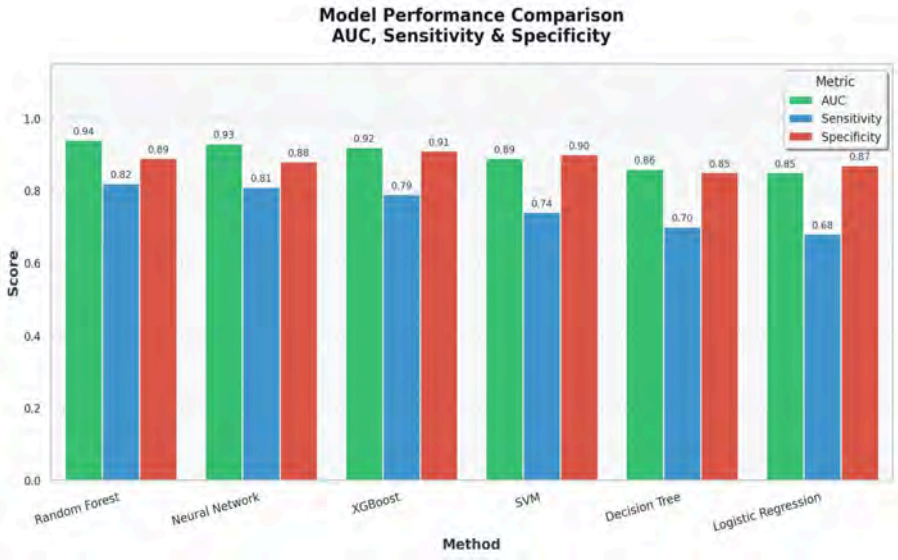


Рисунок 1. Точность различных методов прогнозирования преэклампсии

Как выявлено в нашем исследовании, модели нейронных сетей также продемонстрировали высокую дискриминационную способность. В одном исследовании модель DNN достигла точности 93,4%, тогда как в другом исследовании модель нейронной сети продемонстрировала наивысшую прогностическую эффективность с AUC 0,917.

На основании результатов включённых исследований мы выявили среднее артериальное давление, анамнез предыдущей преэклампсии, биомаркеры PlGF и PAPP-A в качестве наиболее важных предикторов.

Это подтверждается тем, что снижение уровня PlGF ассоциировано с повышенным риском ранней преэклампсии. Кроме того, модели, сочетающие PAPP-A, PlGF, САД и УТПИ, продемонстрировали наивысшую точность в прогнозировании преждевременной преэклампсии (AUC = 0,847).

В нашем исследовании алгоритмы машинного обучения продемонстрировали превосходную эффективность в 8 из 10 исследований, в которых они сравнивались с традиционными моделями логистической регрессии. Однако в некоторых исследованиях модели машинного обучения показали худшие результаты, чем традиционные модели; например, модель Random Forest (AUC = 0,844) продемонстрировала более низкую эффективность, чем модель конкурирующих рисков FMF (AUC = 0,929). Эти результаты указывают на то, что модели машинного обучения не всегда превосходят традиционные модели и подчёркивают важность методологии, используемой для сравнительной оценки.

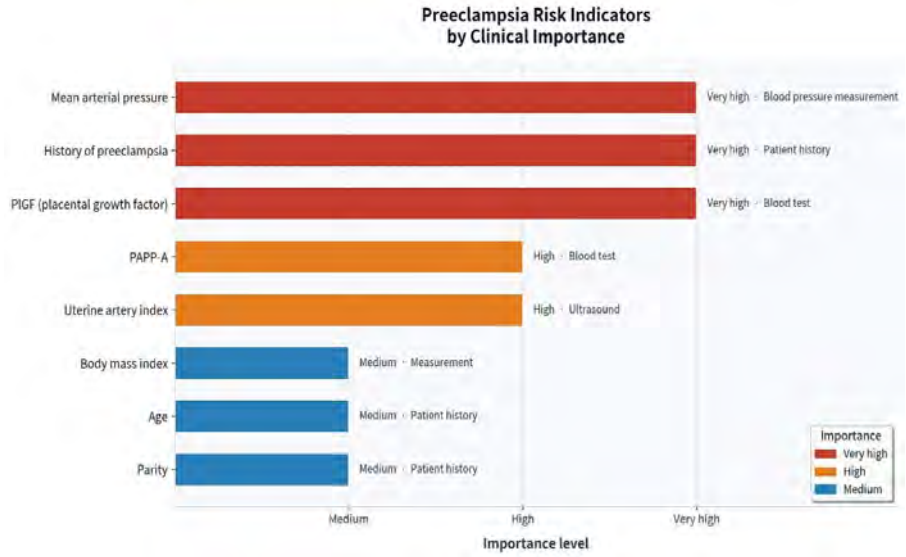


Рисунок 2. Наиболее важные показатели для прогнозирования преэклампсии

Результаты исследования показали, что несколько моделей продемонстрировали положительную чистую пользу в анализе кривых решений, что подтверждает их потенциальную полезность в клиническом принятии решений. Например, модель машинного обучения, разработанная исследователями Weill Cornell Medicine, идентифицировала пациентов группы риска в третьем триместре, потенциально предоставляя дополнительное время для клинического принятия решений и медицинских вмешательств. Это свидетельствует о том, что системы на основе искусственного интеллекта могут поддерживать клиническое принятие решений при прогнозировании осложнений во время беременности.

Обсуждение. На основании результатов систематического обзора и метаанализа, проведённых в нашем исследовании, модели машинного обучения демонстрируют значительный потенциал для раннего прогнозирования преэклампсии. Оценённые подходы, включая Random Forest, XGBoost и нейронные сети, продемонстрировали наивысшую дискриминационную эффективность и, по-видимому, превосходят традиционные модели логистической регрессии.

Гетерогенность между включёнными исследованиями была существенной, с $I^2 > 99\%$, что создаёт значительные трудности для интерпретации результатов метаанализа. Эта гетерогенность может быть обусловлена различиями в дизайне исследований и характеристиках участников, вариациями в используемых наборах предикторов, а также несогласованностью критериев установления исходов. Данная ситуация затрудняет оценку сравнительной эффективности моделей машинного обучения и подчёркивает необходимость стандартизированных методологических подходов.

Исследования указывают на важность ключевых биомаркеров, включая PlGF и PAPP-A, в прогнозировании преэклампсии. Интеграция данных молекулярных биомаркеров с моделями искусственного интеллекта и машинного обучения может обеспечить идентификацию высокоразмерных клинических паттернов и повысить прогностическую точность.

В будущем модели машинного обучения могут рассматриваться в качестве инструментов поддержки клинических решений для врачей. Их интеграция в цифровые системы здравоохранения могла бы облегчить их использование в клинической практике в режиме реального времени.

Заключение. Наше исследование демонстрирует значительный потенциал использования методов искусственного интеллекта и машинного обучения в раннем прогнозировании преэклампсии. В частности, Random Forest, XGBoost и нейронные сети продемонстрировали высокую дискриминационную эффективность, в то время как биомаркеры, такие как PlGF, PAPP-A и САД, могут повысить прогностическую эффективность этих моделей. Однако недостаточная внешняя валидация и методологическая гетерогенность остаются основными препятствиями для клинической трансляции этих моделей. Результаты настоящего исследования свидетельствуют о том, что будущая интеграция прогностических инструментов на основе машинного обучения и искусственного интеллекта в клиническую практику в качестве инструментов поддержки решений для врачей может существенно способствовать улучшению исходов для здоровья матери и новорождённого.

Ключевые слова: преэклампсия, машинное обучение, искусственный интеллект, прогностические модели, метаанализ, биомаркеры, внешняя валидация.

Список литературы

1. Alfaki Ahmed, S.A., Adam, M., Osman, H.M.E., Alqahtani, N.H.F., Gabreldaar, A.E.M., Abdalla, M.S.H. and Saidahmed, R.O.A. (2025) 'Artificial intelligence for

early detection of preeclampsia and gestational diabetes mellitus: a systematic review of diagnostic performance', Cureus, 17(9), e92585.
2. Barada, S. and Selvanambi, R. (2026) 'Artificial intelligence for early prediction of gestational diabetes mellitus and preeclampsia: a systematic review of machine learning models and clinical decision support systems', Frontiers in Medicine, 13.
3. Cardenas-Urrelo, R., Quinteros-Navarro, D., Tang, C., Torres-Flores, Y., Navarro, Y., Soto, M., Maguiña, A. and Huamantumba, M. (2026) 'Early prediction of preeclampsia using a multimodal machine learning model integrating clinical, hemodynamic, and biochemical data', Ingénierie des Systèmes d'Information, 31(3), p. 985.
4. Feng, W. and Luo, Y. (2024) 'Preeclampsia and its prediction: traditional versus contemporary predictive methods', The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine, 37(1), 2388171.
5. Gil, M.M., Cuenca-Gómez, D., Rolnik, D.L., et al. (2024) 'External validation of a machine learning model for first-trimester preeclampsia prediction in the Spanish PREVAL cohort', Ultrasound in Obstetrics & Gynecology, 63(5), pp. 592–604.
6. Hackelöer, M., Schmidt, L. and Verlohren, S. (2023) 'New advances in prediction and surveillance of preeclampsia: role of machine learning approaches and remote monitoring', Archives of Gynecology and Obstetrics, 308, pp. 1663–1677.
7. Li, H., Li, Y., Zang, C. and Pan, W. (2026) 'Machine learning for dynamic and short-term prediction of preeclampsia using routine clinical data', JAMA Network Open, 9(3), e260359.
8. Lin, Y.C., Mallia, D., Clark-Sevilla, A.O., et al. (2024) 'A comprehensive and bias-free machine learning approach for risk prediction of preeclampsia with severe features in a nulliparous study cohort', BMC Pregnancy & Childbirth, 24, 853.
9. Liu, L., Zhu, Q., Zong, Y., Chen, X., Zhang, W. and Wang, J. (2025) 'Machine learning prediction models for preeclampsia: systematic review and meta-analysis', Journal of Medical Internet Research, 28, e78714.
10. Malik, V., Agrawal, N., Prasad, S., Talwar, S., Khatuja, R., Jain, S., Sehgal, N.P., Malik, N., Khatuja, J. and Madan, N. (2024) 'Prediction of preeclampsia using machine learning: a systematic review', Cureus, 16(12), e75269.
11. Mohamed Dkeen, N.O., Dawelbait Radwan, M.E., Alnaw Zumam, I.A., Mohamed, N.A.A., Abdelmahmoud, E.M.A. and Magboul, N.M.E. (2025) 'Artificial intelligence applications in obstetric risk prediction: a systematic review of machine learning models for preeclampsia', Cureus, 17(5), e83961.
12. Özcan, M. and Peker, S. (2024) 'Preeclampsia prediction via machine learning: a systematic literature review', Health Systems, 13(3), pp. 208–222.
13. Qiao, L., Zhang, Y., Wang, J., Wu, X., Zhang, C., Xue, Y., Cao, J. and Jin, J. (2025) 'Machine learning-based prediction of preeclampsia using first-trimester inflammatory markers and red blood cell indices', BMC Pregnancy and Childbirth, 25, 1083.

14. Rios-Garcia, W., Broncano-Rivera, K., Martinez-Acuna, M.F., et al. (2024) 'Prediction of early-onset preeclampsia using deep learning: a scoping review of clinical and imaging models', Cureus, 16(8), e67042.
15. Schor, J.S., Kadambi, A., Fulcher, I., Venkatesh, K.K., Clapp, M.A., Ebrahim, S., Ebrahim, A. and Wen, T. (2024) 'Using machine learning to predict the risk of developing hypertensive disorders of pregnancy using a contemporary nulliparous cohort', American Journal of Obstetrics & Gynecology, 231(4), pp. 445.e1–445.e12.
16. Shyu, I.-L., Liu, C.-F., Tsai, Y.-C., Ma, Y.-S., Kuo, T.-N. and Yow-Ling, S. (2025) 'Machine learning predictive system to predict the risk of developing pre-eclampsia', BMJ Health Care Inform, 32, e101151.
17. Tabassum, S., Kishwar, N., Usman, Z., Khan, H. and Parveen, Z. (2025) 'Artificial intelligence-based prediction of preeclampsia using first-trimester biomarkers', Cureus, 17(12), e100059.
18. Tiruneh, S.A., Vu, T.T.T., Rolnik, D.L., Teede, H.J. and Enticott, J. (2024) 'Machine learning algorithms versus classical regression models in pre-eclampsia prediction: a systematic review', Current Hypertension Reports, 26, pp. 309–323.
19. Tiruneh, S.A., Vu, T.T.T., Moran, L.J., Callander, E.J., Allotey, J., Thangaratinam, S., Rolnik, D.L., Teede, H.J., Wang, R. and Enticott, J. (2025) 'Externally validated prediction models for pre-eclampsia: systematic review and meta-analysis', Ultrasound in Obstetrics & Gynecology, 65(2), pp. 145–157.
20. Wang, X., Mao, X. and Xing, C. (2025) 'Construction and comparison of preeclampsia prediction models using logistic regression and machine learning', Frontiers in Public Health, 13, 1456723.
21. Yudhi Fajar Saputra, M., Zakaria, A. and Dahlan, A. (2026) 'Ensemble learning for preeclampsia risk prediction model and explainable AI based on SHAP', Journal of Medical Systems, 50(2), pp. 112–125.
22. Yang, Y., et al. (2025) 'Prospective multicountry cohort study of PIERS-ML for prediction of adverse maternal outcomes in preeclampsia', The Lancet Digital Health, 7(4), pp. e245–e256.
23. Zhang, L., Wang, Y., Chen, X., et al. (2024) 'A novel approach to preeclampsia early prediction addressing predictive uncertainty due to missing data in clinical dataset', Scientific Reports, 14, 34567.
24. Zhu, Q., Liu, L., Zong, Y., Chen, X., Zhang, W. and Wang, J. (2025) 'Machine learning prediction models for preeclampsia: systematic review and meta-analysis', Journal of Medical Internet Research, 27, e54321.
25. Subhashree, B. and Ramani, S. (2026) 'Artificial intelligence for early prediction of gestational diabetes mellitus and preeclampsia: a systematic review of machine learning models and clinical decision support systems', Visualize JoVE, 4(2), pp. 22–60.

Section: Military Affairs and National Security

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.009.288-292

ПОСЛІДОВНІСТЬ ДІЙ ПІДРОЗДІЛІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ У РАЗІ ВИЯВЛЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАРАЖЕННЯ

Манжос Олексій
старший викладач – начальник служби РХБ захисту
Кафедра бойового та логістичного забезпечення
Волошинський Олександр
Відділення планування, організації та контролю освітнього процесу
Київський інститут Національної гвардії України

Вступ. Хімічний, біологічний, радіаційний та ядерний (ХБРЯ) захист військ (сил) є складовою підтримки військ (сил) Національної гвардії України (НГУ), яка безпосередньо впливає на збереження особового складу та здатність підрозділу продовжувати виконання завдання в умовах хімічного, біологічного, радіоактивного зараження. ХБРЯ розвідка, радіаційний і хімічний контроль, оповіщення, засоби індивідуального та колективного захисту, режимно-обмежувальні заходи й спеціальна обробка (деконтаминація) становлять взаємопов'язані елементи єдиної системи ХБРЯ захисту підрозділу.

Актуальність питання дій підрозділів НГУ у разі виявлення радіаційного зараження визначається одночасною наявністю як воєнних так і техногенних ризиків.

Радіоактивне зараження може виникати внаслідок ядерного вибуху, аварії або руйнування об'єкта підвищеної радіаційної небезпеки, втрати контролю токсичними промисловими матеріалами.

Міжнародні підходи до ХБРЯ захисту виходять із необхідності не лише зменшення втрат, а й збереження свободи дій та операційної ефективності сил у зараженому середовищі.

Сучасна міжнародна практика підтверджує, що реагування не може зводитися до одноразового факту «виявлення зараження». Організація Північноатлантичного договору (НАТО) розділяє розвідку і моніторинг, відбір проб та ідентифікацію, оцінювання й надання рекомендацій командуванню, а також управління небезпекою, включно з деконтамінацією. Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) окремо регламентує виявлення й оповіщення, термінові захисні дії, захист персоналу реагування, медичне реагування та подальше оцінювання. Отже, практично значущою є циклічна модель: виявити або запідозрити небезпеку – негайно доповісти й попередити – захистити особовий склад – уточнити обстановку – прийняти рішення щодо руху

та виконання завдання – провести контроль і спеціальну обробку – повторно перевірити обстановку.

Радіоактивне зараження місцевості й об'єктів. У військовій навчальній літературі радіоактивне зараження місцевості після ядерного вибуху пов'язується з випадінням радіоактивних продуктів із хмари вибуху та формуванням радіоактивного сліду. Його просторові характеристики визначаються потужністю й видом вибуху, властивостями радіоактивних частинок, напрямком і швидкістю вітру, рельєфом та іншими умовами. На відміну від короткочасної дії низки інших факторів ураження, забруднена територія може залишатися небезпечною протягом тривалого часу, що безпосередньо впливає на маршрути пересування, тривалість перебування на зараженій місцевості, порядок використання укриттів і необхідність повторного контролю.

Для сучасного викладу необхідно розрізняти радіоактивне забруднення та опромінення. Забруднення означає наявність радіоактивного матеріалу на поверхнях, у повітрі, воді, ґрунті або на/в організмі; опромінення характеризує вплив іонізуючого випромінювання на людину або об'єкт. Зовнішнє опромінення можливе без перенесення радіоактивної речовини на людину, тоді як забруднення створює додаткову небезпеку зовнішнього опромінення та, за певних умов, внутрішнього надходження радіонуклідів через дихальні шляхи, травний тракт або пошкоджену шкіру. Тому протирадіаційні заходи мають одночасно обмежувати дозове навантаження та запобігати потраплянню радіоактивних матеріалів усередину організму.

Для оцінювання радіоактивного сліду після ядерного вибуху використовується військова класифікація зон А, Б, В і Г із показниками дози та потужності дози через одну годину після вибуху. Її доцільно розглядати як елемент національної навчально-методичної моделі оцінювання наслідків ядерного вибуху, а не як універсальну міжнародну класифікацію будь-якої радіаційної аварії. Документи МАГАТЕ передбачають застосування сценарно залежних загальних та оперативних критеріїв, що враховують вид події, шлях опромінення, вимірювану величину й мету конкретного захисного рішення.

Звідси випливає принципово важливе положення: окреме числове значення потужності дози не можна перетворювати на «універсальний сигнал небезпеки» без посилання на документ, що встановив цей критерій для конкретного сценарію, геометрії вимірювання та категорії персоналу.

Виявлення, вимірювання та оцінювання радіаційної обстановки. Початком реагування може бути сигнал приладу, повідомлення спостерігача, інформація старшого начальника, дані сусідніх підрозділів або інша достовірна ознака радіаційної події. Першочерговими діями є негайна доповідь через встановлений канал управління та введення передбаченого захисного режиму. Очікування повної ідентифікації радіонукліда до початку захисту є неправильною логікою: оперативне рішення має прийматися на підставі наявних достовірних ознак із подальшим уточненням.

Радіаційна розвідка уточнює наявність і просторовий розподіл небезпеки на маршрутах, пунктах управління, у районах зосередження та виконання завдань. Радіаційний контроль охоплює, зокрема, дозиметричний контроль зовнішнього опромінення особового складу та радіометричний контроль забруднення людей, озброєння, техніки, матеріальних засобів, продовольства й води. Дані контролю не є самоціллю: вони мають перетворюватися на рекомендації щодо маршруту пересування, часу перебування на зараженій місцевості, застосування укриття, необхідності ротації та спеціальної обробки.

Під час кожного вимірювання необхідно фіксувати місце, час, назву приладу, вимірювану величину та одиниці вимірювання.

Оповіщення та застосування засобів індивідуального і колективного захисту. Після виявлення або обґрунтованої підозри радіаційної небезпеки особовий склад оповіщається встановленим способом, а командир організовує захисний режим. Мета оповіщення полягає не лише в інформуванні, а в негайному запуску конкретних дій: приведенні у готовність або застосуванні засобів індивідуального захисту, використанні захисних властивостей техніки й споруд, герметизації, включенні фільтровентиляційних установок за передбачених умов, обмеженні непотрібних переміщень та організації контролю.

Для захисту від зовнішнього опромінення базовими залишаються принципи «час –відстань – екранування». Мінімізувати час у зоні підвищених рівнів, максимально збільшувати практично можливу відстань від джерела або найбільш небезпечної ділянки та використовувати наявне екранування. Для забруднення додатковим напрямом є запобігання внутрішньому надходженню радіоактивних частинок: захист органів дихання, недопущення споживання забруднених продуктів або води, обмеження контакту з пилом і забрудненими поверхнями.

Засоби колективного захисту - фортифікаційні споруди, захищені приміщення, техніка з відповідними захисними властивостями та фільтровентиляційні системи – дозволяють зменшити дозове навантаження й надходження забрудненого повітря. Рішення щодо їх використання має враховувати реальний коефіцієнт захисту, герметичність, стан фільтровентиляції, тривалість перебування та можливість виконання завдання, а не лише сам факт перебування всередині споруди чи машини.

Медичні засоби не повинні подаватися як універсальна заміна фізичного захисту. Зокрема, калію йодид захищає щитоподібну залозу лише від внутрішнього надходження радіоактивного йоду, але не захищає від інших радіонуклідів та зовнішнього випромінювання і має застосовуватися лише за вказівкою компетентного медичного органу. Тому включення йодної профілактики в алгоритм підрозділу допустиме лише для відповідного радіонуклідного сценарію та за встановленою вказівкою.

Режимно-обмежувальні заходи на зараженій місцевості. Режимно-обмежувальні заходи спрямовані на зменшення сумарного ризику при збереженні здатності виконати завдання. Вони включають зонування за результатами розвідки, контроль входу й виходу, обмеження перебування, облік

доз, ротацію, визначення безпечніших маршрутів, використання укриттів і техніки, недопущення перенесення забруднення на чисті ділянки місцевості та встановлення порядку спеціальної обробки.

Якщо заражену ділянку можна обійти без неприйнятного впливу на виконання завдання, перевага надається обходу. Якщо уникнення неможливе, командир визначає порядок її подолання на підставі даних розвідки, прогнозу, наявного захисту, часу, дозиметричного контролю та оперативної необхідності.

Важливо розрізняти дозиметричний контроль і медичну оцінку. Показник дозиметра є ключовим інформаційним елементом для контролю опромінення, але сам по собі не є клінічним діагнозом. МАГАТЕ зазначає, що медичні дії ґрунтуються на симптомах і клінічних спостереженнях, а дозиметрична інформація є важливим додатковим входом. Тому після імовірного значного опромінення командир і медична служба мають використовувати і дозиметричні дані, і стан військовослужбовця.

Не слід характеризувати старі набори кумулятивних доз як «гарантовано безпечні» або такі, що «не знижують боєздатність», якщо це не підтверджено чинним документом. Для сучасної роботи коректніше формулювати, що індивідуальне опромінення підлягає дозиметричному контролю, а рішення щодо продовження участі військовослужбовця у виконанні поставлених перед підрозділом завдань приймається за чинними нормативами, оцінкою командира та медичною оцінкою у випадках, коли вона потрібна.

Спеціальна обробка (деконтамінація). Спеціальна обробка є завершальним, але не останнім за значенням етапом реагування. Вона охоплює дезактивацію, дегазацію та дезінфекцію, а за необхідності – санітарну обробку особового складу. За обсягом розрізняють часткову та повну спеціальну обробку. Часткова виконується під час виконання завдання силами самого особового складу й спрямована насамперед на ті ділянки тіла, одягу, спорядження, засобів захисту, зброї та робочих поверхонь, контакт із якими найбільш імовірний.

При радіоактивному забрудненні дезактивація полягає у видаленні радіоактивних речовин із поверхонь. Вибір способу залежить від виду забруднення й поверхні: застосовуються механічне видалення, змивання водою або розчинами, очищення, пиловідсмоктування та інші передбачені методи. Загальний принцип міжнародної практики полягає в тому, щоб максимально швидко зменшити забруднення, не створюючи додаткового аерозолю та не поширюючи матеріал на чисті ділянки.

Повна спеціальна обробка проводиться за рішенням старшого начальника у встановленому порядку, як правило після виходу із зараженої зони або завершення етапу завдання, коли можна залучити необхідні сили й засоби. Після обробки має проводитися повторний контроль. Сам факт миття або очищення не є доказом того, що поверхня чи особовий склад стали безпечними: рівень залишкового забруднення повинен бути підтверджений вимірюванням відповідно до процедури.

Зняття засобів індивідуального захисту здійснюється контрольовано. Якщо зовнішня поверхня засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) забруднена, неправильне знімання може перенести радіоактивний матеріал на шкіру або одяг. Тому вихід із захисного режиму доцільно пов'язувати з визначеним пунктом контролю, послідовністю знімання/очищення та повторним вимірюванням, а не лише з фактом залишення географічної межі зараженої ділянки.

Висновки. Проведений аналіз показав, що якісна організація дій підрозділу у разі радіаційного зараження повинна розглядатися як безперервний цикл управління небезпекою, а не як сукупність ізольованих заходів. Базова послідовність, а саме: первинне виявлення або обґрунтована підозра – негайна доповідь і оповіщення – захист особового складу – радіаційна розвідка, вимірювання/моніторинг і оцінювання – рішення командира щодо маршруту пересування, режиму та способу виконання завдання – контроль забруднення, медичні дії за показаннями – спеціальна обробка – повторний контроль – відновлення або коригування спроможності підрозділу.

Список використаних джерел

1. Манжос О. О., Гончаренко О. Ю. Радіаційний, хімічний та біологічний захист підрозділів: Київ: КІ НГУ, 2025. 232 с.
2. International Atomic Energy Agency. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7. Vienna: IAEA, 2015. 102 p. URL: https://www.iaea.org/publications/10905/preparedness-and-response-for-a-nuclear-or-radiological-emergency.
3. International Atomic Energy Agency. Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. IAEA Safety Standards Series No. GSG-2. Vienna : IAEA, 2011. 91 p. URL: https://www.iaea.org/publications/8506/criteria-for-use-in-preparedness-and-response-for-a-nuclear-or-radiological-emergency.
4. NATO. NATO's Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Defence Policy. 14 June 2022. URL: https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2022/06/14/natos-chemical-biological-radiological-and nuclear-cbrn-defence-policy.
5. NATO. Combined Joint Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Defence Task Force. Official NATO Topic. Updated 13 April 2022. URL:https://www.nato.int/en/what-we-do/deterrence-and-defence/combined-joint-chemical-biological-radiological-and-nuclear-cbrn-defence-task-force.
6. World Health Organization. Use of potassium iodide for thyroid protection during nuclear or radiological emergencies. Questions and answers. 8 July 2025. URL: https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/use-of-potassium-iodine-for-thyroid-protection-during-nuclear-or-radiological-emergencies.
7. Про Національну гвардію України : Закон України від 13.03.2014 № 876-VII (чинна редакція). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/876-18#Text.

Section: Pedagogy, Philology and Linguistics

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ПІЗНАВАЛЬНИХ ІНТЕРЕСІВ МОЛОДШИХ ШКОЛЯРІВ ЗАСОБАМИ ПРОБЛЕМНОГО НАВЧАННЯ

Гончарук Ольга Валеріївна
професор
Лівочко Іванна Миколаївна
магістр
Волинський національний університет
імені Лесі Українки, Україна

Ефективність навчального процесу в сучасній школі значною мірою залежить від мотивів навчання учнів. Для учня цілі навчання трансформуються в мотиви навчальної діяльності.

Будь-який навчальний предмет вміщує об'єктивну цікаву інформацію про нові факти, невідомі явища, зв'язки між ними, закономірності і закони, знання яких змушують учнів по-іншому дивитися на світ. При цьому, оскільки кожний навчальний предмет є своєрідним, весь зміст навчання виступає перед учнями різнобічним, різноманітним та різноплановим.

Як відомо, всі об'єктивно цікаві факти та явища навколишнього світу, втілені й узагальнені у знаннях, знаходять своє вираження у пізнавальному інтересі учня лише тоді, коли набувають для нього суб'єктивної значущості. Це обумовлено тим, що у його свідомості світ відбивається не фотографічно. Його відображення одночасно несе і функцію співвідношення, оскільки воно відбувається на основі набутих знань, нагромадженого пізнавального, соціального, морального та індивідуального досвіду.

Важливою стороною цінності пізнавального інтересу учня у процесі навчання є те, що за умови його наявності найвідчутніше здійснюється інтеріоризація, тобто процес перетворення зовнішніх, реальних дій у внутрішні, розкриття взаємозв'язку діяльності і свідомості, механізму оволодіння учнем суспільно-історичним досвідом, набутим суспільством.

Пізнавальний інтерес є своєрідним лакмусовим папірцем, на якому можна перевірити ефективність впливу дидактичних умов на уроці. По тому, що схвилювало учнів, а що залишило їх байдужими, як виконувалося завдання, з якими зусиллями та індивідуальною старанністю виконано запропоновану роботу, по емоційному та інтелектуальному настрою діяльності учнів можна судити про позитивний чи негативний вплив на них реалізованих змісту, форм, методів та засобів навчання.

Під впливом пізнавального інтересу діяльність учнів стає продуктивнішою. Їхні енергетичні ресурси, насичені пізнавальним інтересом, сприяють

тривалішому й інтенсивнішому проходженню, а успішна пізнавальна діяльність в свою чергу зміцнює пізнавальний інтерес.

Проведений аналіз наукової літератури свідчить про існування досить досліджень психолого-педагогічних основ розвитку пізнавального інтересу школярів як важливого засобу активізації навчання (В.А.Крутецький, А.К.Маркова, И.Д.Менчинська, Н.Г.Морозова, А.Н.Прядехо, Г.І.Щукина та ін.).

Інтересом ми називаємо емоційно-пізнавальне ставлення до предмету або діяльності, яке виникає в силу того, що вони зв'язані з тією чи іншою потребою.

З філософського погляду в структурі інтересу можна виділити чотири основних моменти: соціальне становище суб'єкта, або сукупність його практичних зв'язків із суспільством; ступінь усвідомлення становища, яке може широко варіювати від нерозуміння через невиразне відчуття до чіткого усвідомлення; мотиви діяльності, спрямовані на цілком певні об'єкти інтересу і сама дія, яка є утвердженням суб'єкта в об'єктивному світі.

Інтереси різняться змістом, широтою, стійкістю, силою і дієвістю. Зміст інтересів визначається тим, на що вони спрямовані (наприклад, на математику, історію, спорт); широта визначається різнобічністю, спрямованістю на різні об'єкти при наявності основного, стрижневого інтересу; стійкість характеризується часом, протягом якого вони зберігають свою силу і впливають на поведінку людини, її життя й діяльність.

Людина, яку ніколи не задовольняють знання, має стійкий пізнавальний інтерес, він допомагає їй глибоко та всебічно пізнати предмет. Наполегливість людини в певній галузі, у подоланні труднощів під впливом інтересу є виявом сили та дієвості інтересу.

Особливою і важливою областю загального феномена "інтересу" є пізнавальний інтерес, який відноситься до різних сторін пізнавальної діяльності. У школі об'єктом пізнавальних інтересів учнів є зміст навчальних предметів, процес оволодіння знаннями, який дає змогу набувати необхідних способів учіння.

Це твердження, на нашу думку, є правильним у тому відношенні, що воно передбачає виділення пізнавального інтересу як особливої області інтересів людини. Необхідність контролю й самоконтролю створюють умови для формування здібності до планування і виконання дій у внутрішньому плані. Мотивація уміння молодших школярів характеризується складністю і неоднозначністю як за змістом, так і за ступенем сформованості. Зосередимо нашу увагу на системі мотивів та мотивації навчальної діяльності молодшого школяра.

Найбільш цінною є пізнавальна мотивація. Вона зумовлена бажанням учитися, інтелектуальною ініціативою дитини. Учитель має так організувати навчальний процес, щоб зацікавити дітей, викликати бажання вчитися. Навчальний матеріал повинен стимулювати мислення учнів, поставлене завдання - підштовхувати до пошуків шляхів його розв’язання. Надмірно спрощені завдання є нецікавими для учнів, а це призводить до втрати мотивації

засвоєння навчального матеріалу. Дитина має радіти тому, що вона про щось дізналася [2].

Для розвитку мотивації навчання потрібні середовище, що стимулює, і цілеспрямований вплив через систему педагогічних прийомів. Тому загальні умови педагогічного стимулювання на уроках слід поєднувати із застосуванням широкого діапазону методичних прийомів, які «прямо працюють» на мотиваційний компонент уроку.

До мотиваційного компоненту уроку потрібно підбирати цікавий матеріал, який стимулює емоції та почуття учнів, використовуючи рольові, сюжетні, дидактичні ігри. Гра у навчальному процесі створює мотивацію, збуджує інтерес, розвиває комунікативні навички. Перевага гри ще в тому, що вона досягає своєї мети непомітно для дитини.

Навчальні завдання уроку слід добирати з елементами новизни та непередбачуваності, що сприятиме формуванню внутрішнього інтересу під час його виконання; стежити за тим, щоб завдання не лише відповідали віковим обмеженням, а й мали рівень оптимальної складності, сприяли виявленню майстерності та компетентності школяра; регулювати рівень складності завдань, щоразу підвищуючи його; надавати дитині право вибору навчального завдання, не обмежуючи при цьому її свободу; наповнювати зміст навчання цікавим, особистісно значущим матеріалом; намагатись підтримувати позитивні емоції, стимулювати інтелектуальні почуття молодших школярів.

Проводячи уроки, які мають спрямованість на мотивацію навчальної діяльності варто використовувати різноманітні завдання. Треба відмітити, що усі завдання мають бути цікавими, нестандартними, спрямованими на розвиток стійкого інтересу учнів до математики, організація уроку також відрізнялася своїми особливостями, це були уроки-казки, уроки-дискусії, змагання, КВК.

Усі вправи, завдання і уроки в цілому повинні сприяти розвитку та підвищення мотивації учнів з математики та навчальної діяльності загалом. Після проведення таких занять рівень знань учнів суттєво зростає. Учні, які не справлялися із завданнями, не орієнтувалися в програмовому матеріалі з математики, стають більш активними, можуть розв’язати прості завдання, а складніші - з допомогою вчителя.

Вже в молодшому шкільному віці інтереси не обмежуються лише тим, що безпосередньо сприймається в даний момент, не обмежуються вони й сучасним. Все більше починає виступати зацікавленість і далеким щодо простору і часу, тим, що можна собі лише уявити, про що можна лише мислити, минулим і майбутнім. Інтереси в цьому віці стають реальнішим, конкретнішими.

Основним завданням у початковій школі є підготовка дітей до систематично та цілеспрямованого навчання у старших вікових періодах, формування позитивної мотивації навчання, забезпечення морально-духовної зрілості особистості. Особлива увага зосереджується на системі мотивів та мотивації навчальної діяльності молодшого школяра.

Найбільш цінною є пізнавальна мотивація, також велику роль відіграють мотивація досягнення успіху, мотивація престижу, мотивація уникнення невдачі. До мотиваційного компоненту уроку потрібно підбирати цікавий матеріал, який стимулює емоції та почуття учнів, використовуючи рольові, сюжетні, дидактичні ігри. Гра у навчальному процесі створює мотивацію, збуджує інтерес, розвиває комунікативні навички. Перевага гри ще в тому, що вона досягає своєї мети непомітно для дитини.

Навчальні завдання уроку слід добирати з елементами новизни та непередбачуваності, що сприятиме формуванню внутрішнього інтересу під час його виконання; стежити за тим, щоб завдання не лише відповідали віковим обмеженням, а й мали рівень оптимальної складності, сприяли виявленню майстерності та компетентності школяра; регулювати рівень складності завдань, щоразу підвищуючи його; надавати дитині право вибору навчального завдання, не обмежуючи при цьому її свободу; наповнювати зміст навчання цікавим, особистісно значущим матеріалом; намагатись підтримувати позитивні емоції, стимулювати інтелектуальні почуття молодших школярів [4, с. 167].

Видатний український педагог В.О. Сухомлинський вважав, що навчальний процес у сучасній школі повинен розвивати всемогутню радість пізнання, а школа повинна бути справжнім “будинком радості”: дати дітям радість праці, радість успіху в навчанні, пробудити в їхніх серцях почуття гордості, власної гідності - це перша заповідь виховання” [5, с. 27].

Весь багатовіковий досвід минулих років дає можливість стверджувати, що пізнавальний інтерес у навчанні є важливим і сприятливим фактором його побудови. Сучасна дидактика, спираючись на нові досягнення педагогіки і психології, бачить в пізнавальній активності ще більше можливостей і для навчання, і для розвитку, і для формування особистості учня в цілому. Пізнавальний інтерес є могутнім засобом успішного навчання і виховання, необхідною умовою досягнення позитивних результатів. Виховання в учнів пізнавального інтересу до вивчення будь-якого предмету - одне з важливих питань, що стоїть перед учителем.

Саме пізнавальний інтерес є своєрідним лакмусовим папірцем, на якому можна перевірити і відчути вплив усіх затрачених у навчальному процесі засобів. За тим, що схвилювало учнів, і що залишило їх байдужими, за тим, як виконувались завдання, з яким застосуванням особистих сил пророблена робота, за емоційним та інтелектуальним настроєм учня можна говорити про можливості позитивного впливу на них навчального процесу.

Відомо, що дитина приходить до школи з великим бажанням навчатися. Уже сама підготовка до цієї події викликає у неї чимало нових і яскравих переживань.

Навчання - основна форма розвитку пізнавальної активності молодших школярів. З одного боку, під час навчального процесу школярі здобувають нові знання, які розширюють їхній кругозір, і з другого боку - у процесі активної пізнавальної діяльності розвиваються навчальні можливості учня, завдяки яким

він може самостійно і творчо не лише використовувати запас знань, а й шукати нове, задовольняючи свої потреби в пізнанні.

Викладання повинно бути захоплюючим - таким є один з принципів методики сучасного уроку. Однак інтерес не має нічого спільного з розважальністю, яка не містить пізнавальної мети. Кожне заняття повинно мати пізнавальний характер і, одночасно, захоплювати як своїм змістом, так і способом викладу.

Міцні знання, уміння й навички учні набувають у процесі активної пізнавальної діяльності, важливим збудником якої є інтерес. Щоб підтримати цей інтерес вчитель повинен використовувати різні форми зацікавленості: дидактичні і сюжетні ігри, задачі у віршах, задачі-жарти, ребуси, ігрові і цікаві ситуації.

Широко використовуються нестандартні уроки, які найбільш повно враховують вікові особливості, інтереси, нахили, здібності кожного учня. В них поєднуються елементи традиційних уроків - сприймання нового матеріалу, засвоєння, осмислення, узагальнення - але у незвичайних формах.

Найпоширеніші нестандартні уроки: уроки фантазії і мислення; урок-інтелектуальна розвага; урок-екскурсія; урок-гра; урок-конкурс; урок-подорож; урок-інтерв'ю; урок-вікторина; урок-семінар; урок-"круглий стіл"; урок-дискусія [2, с. 14].

Саме такі уроки містять в собі елементи майбутніх технологій, які при групуванні їх у певну систему, що грунтується на глибокому знанні потреб, інтересів та здібностей учнів, можуть стати дійсно інноваційними.

Формуванню пізнавального інтересу молодших школярів сприяє також позаурочна діяльність. Але при цьому потрібно враховувати вікові та індивідуальні особливості дітей, урізноманітнити форми позаурочної роботи (бесіди, ранки, заочні подорожі, колективні творчі справи, конкурси і т.д.), здійснювати її взаємозв'язок з навчальною діяльністю учнів. Зміст позаурочної діяльності повинен відповідати пізнавальним інтересам, запитам дітей, рівню їх інтелектуальних можливостей і поступово ускладнюватися. Наприклад, молодші школярі із задоволенням беруть участь в таких заходах пізнавального характеру, як конкурс знавців, вечір розгаданих і нерозгаданих таємниць і т.п. Беручи участь в таких заходах, діти можуть знайти собі справу до душі, розширити свої знання, виявити активність, що буде стимулювати подальший пізнавальний інтерес молодших школярів.

Активізація навчально-пізнавальної діяльності полягає у цілеспрямованій діяльності вчителя з метою розробки і застосування такого змісту, форм, методів, прийомів і засобів навчання, які сприяють підвищенню пізнавального інтересу, активності, творчості, самостійності в одержанні знань, формуванні вмінь та навичок, використання їх на практиці.

До психолого-педагогічних умов активізації пізнавальної діяльності учнів належать: забезпечення єдності цілей процесу навчання - освітньої, розвивальної і виховної; педагогічно доцільне використання дидактичних принципів;

забезпечення емоційності навчання і створення сприятливої атмосфери; різноманітність методів, прийомів, форм і засобів навчання; орієнтація студентів на систематичну самостійну роботу [3, с. 12].

Серед таких методів і форм особливе значення мають методи проблемного навчання, дискусії, навчальні, ділові ігри, групові форми, індивідуальний підхід і диференціація навчання, творчі завдання.

Ціль проблемного навчання - так висвітлювати навчальні запитання, щоб підштовхувати учнів до самостійних розумових дій і цим забезпечувати активність, цілеспрямовану увагу, сприйняття, запам'ятовування та ін. Цьому сприяє такий виклад матеріалу, за якого вчитель лише повідомляє фактичний матеріал, описує явища (процеси) з тим, щоб учні самі знайшли сутність цього явища (причини, закономірні зв'язки, значення), зробили необхідні висновки, спираючись на знання, вміння та навички, життєвий досвід, що вони вже мають, використовували їх до розв'язування запропонованих завдань.

Використання методів проблемного навчання зумовлює підвищення інтересу до предмета від 33 % при звичайній методиці навчання до 80 % при проблемному навчанні [1, с. 135].

Спеціальні дослідження присвячені проблемі формування пізнавального інтересу, показують, що інтерес в усіх його виявах і на всіх етапах розвитку характеризується трьома обов'язковими моментами: позитивною емоцією по відношенню до діяльності; наявністю пізнавальної сторони цієї емоції; наявністю безпосереднього мотиву, що іде від самої діяльності.

Цінним методом стимулювання інтересу до навчання можна назвати метод пізнавальних ігор, що спирається на створення в навчальному процесі ігрових ситуацій. Гра давно вже використовується як засіб збудження інтересу до навчання. Їй належить велика роль у житті та розвитку дітей молодшого шкільного віку: в ігровій діяльності формуються багато позитивних якостей дитини, інтерес і готовність до майбутнього навчання, розвиваються її пізнавальні здібності. Гра важлива як для підготовки дитини до майбутнього, так і для того, щоб зробити її теперішнє життя повним і щасливим. Гра - це своєрідний спосіб засвоєння громадського досвіду, властивий дітям молодшого шкільного віку. У грі формуються всі сторони особистості дитини, відбуваються значні зміни в її психіці, які готують перехід до нової, більш високої стадії розвитку.

Гра - самостійна діяльність, у якій діти вперше починають спілкуватися з однолітками: їх поєднують спільна мета, спільні зусилля для її досягнення, спільні інтереси та переживання. Саме тому гра привчає дітей підкоряти свої дії та думки певній меті, допомагає виховувати цілеспрямованість: у грі всі сторони дитячої особистості формуються в єдності та взаємодії, формується колектив друзів, виховуються творчі почуття, організаторські вміння, складаються взаємини. Однак тільки за умови гарної організації шкільного колективу можна успішно розвивати пізнавальні здібності кожної дитини та її активність.

До методів стимулювання і мотивації навчальної діяльності належить також створення ситуації навчальної дискусії, яка спонукає учнів до активного

обговорення певної проблеми та висловлення власної думки. Відомо, що в процесі суперечки учні вчаться аргументувати свою позицію, слухати інших, порівнювати різні погляди та робити обґрунтовані висновки, тому досвідчені вчителі досить ефективно використовують цей метод у навчальному процесі. Важливим прийомом стимулювання пізнавальної активності є також аналіз життєвих ситуацій, який дає змогу пов'язати навчальний матеріал із реальним досвідом школярів. Застосування такого методу безпосередньо стимулює навчання завдяки максимальній конкретизації знань, робить їх більш зрозумілими, практично значущими та доступними для засвоєння [1, с. 127]. Одним із найбільш дієвих прийомів формування стійкого інтересу до навчання є створення ситуації успіху для учнів, які відчувають певні труднощі в засвоєнні навчального матеріалу. Переживання власного успіху сприяє підвищенню впевненості школярів у своїх можливостях, посилює їхню навчальну мотивацію та стимулює до подальшої активної діяльності.

Відомо, що без переживань та радощів успіху неможливо розраховувати на подальші успіхи в подоланні навчальних труднощів. Тому вчителям слід так підбирати матеріал, щоб учні отримали на відповідному етапі доступне для них завдання, що придало б їм впевненості в собі. Важливу роль в створенні ситуації успіху грає забезпечення сприятливої морально-психологічної атмосфери в ході виконання тих або інших навчальних завдань. Сприятливий мікроклімат під час навчання знижує почуття невпевненості і побоювання. Стан тривожності при цьому змінюється станом впевненості.

Отже, активні методи та форми навчання мають великі можливості в активізації пізнавальної діяльності молодших школярів. Вчителям необхідно спрямувати свою роботу на застосування такого змісту, форм, методів, прийомів і засобів навчання, які сприяють підвищенню пізнавального інтересу, активності, творчості, самостійності в одержанні знань.

Список використаних джерел

1. Борисова Т.В. Активізація пізнавальної діяльності молодших школярів на уроках мистецтва засобами гри. Педагогічна освіта: теорія і практика. 2021. № 30. С. 126-140.
2. Дубровська Л.О., Горянська А.М., Пісоцький В.П. Психолого-педагогічні особливості формування пізнавальних інтересів учнів молодшого шкільного віку. Наукові записки. Серія «Психолого-педагогічні науки». 2024. № 2. С. 8-15.
3. Кремень В.Г., Гальченко М.С., Ільїн В.В. Філософія як засіб розвитку дитини: обдарованість, знання, творчість : навчальний посібник. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2023. 110 с.
4. Онопрієнко О. Дослідницька діяльність молодших школярів у Державному стандарті початкової освіти: порівняльний аналіз редакцій 2018 і 2025 років. Acta Paedagogica Volynienses. 2026. № 1. С. 161-169.
5. Сухомлинський В. Серце віддаю дітям. Народження громадянина. Листи до сина. 1987. 668 с.

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АНГЛОМОВНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕРМІНОЛОГІЇ В КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАТИВНОЇ СУМІСНОСТІ ЗІ СТАНДАРТАМИ НАТО

Павлусенко Олена
старший викладач
Кафедра іноземних мов
Янчук Анастасія
курсант
Військовий інститут телекомунікацій
та інформатизації імені Героїв Крут

У дослідженні розглянуто практичні аспекти імплементації англійської військової термінології у діяльність підрозділів Сил оборони України в контексті переходу на стандарти НАТО. Особливу увагу зосереджено на функціонуванні штабної мови, специфіці застосування абревіатур та дотриманні регламенту радіообміну Проаналізовано основні труднощі, що виникають у військовослужбовців під час засвоєння та застосування спеціальної лексики.

Перехід Сил оборони України на стандарти НАТО передбачає не лише опанування західного озброєння та тактики, а й забезпечення оперативної сумісності з підрозділами країн-партнерів. У цьому контексті особливого значення набуває мовна взаємосумісність, адже більшість штабних процедур, карт, бойових наказів і технічної документації укладаються англійською мовою. Відтак точність інтерпретації та коректність застосування військової термінології безпосередньо впливають на оперативність управління та безпеку особового складу.

В основі мовної стандартизації Альянсу лежить регламентація термінології за допомогою спеціальних угод STANAG та словника AAP-06 NATO Glossary of Terms and Definitions [1]. Головна мета цих документів полягає в забезпеченні однозначного тлумачення термінів усіма учасниками операції, незалежно від їхньої рідної мови.

Практичний вимір застосування англомовної термінології у професійній діяльності військовослужбовців характеризується низкою специфічних функціональних рис. Першочергово це зумовлено високою концентрацією абревіатур і скорочень, покликаних оптимізувати часовий ресурс та забезпечити лаконічність інформаційного обміну. Зокрема, для позначення ключових військових понять активно використовуються такі абревіатури, як C2 (Command and Control – управління та контроль), ROE (Rules of Engagement – правила застосування сили), SOP (Standard Operating Procedure – стандартна оперативна процедура) та SITREP (Situation Report –доповідь про обстановку. [1; 3]. На практиці засвоєння зазначеного лексичного масиву викликає у суб'єктів навчання труднощі, пов'язані не лише з запам'ятовуванням самих скорочень, а й із точністю їхнього розшифрування та контекстуального тлумачення.

Окремим аспектом виступає суворий регламент радіообміну, що передбачає імперативне використання унормованих процедурних слів (Prowords), які не підлягають заміні синонімами із загальновживаної мови. Наприклад, стандартизоване процедурне слово «WILCO» (Will comply) виражає не лише факт сприйняття повідомлення, а й готовність до його виконання, тоді як зворот «SAY AGAIN» застосовується замість побутового «repeat» задля уникнення хибної інтерпретації наказу на відкриття вогню. Така визначеність мовних засобів мінімізує спотворення інформації в умовах акустичних завад та психоемоційного напруження.

Крім того, суттєвий деструктивний вплив на точність комунікації справляє явище контекстуальної семантичної диференціації, за якого загальновживані лексеми у військовому дискурсі набувають вузькоспеціалізованих значень [2]. Зокрема, термін Casualty позначає загальні бойові та небойові втрати, включаючи поранених, загиблих і зниклих безвісти, а лексема Contact фіксує безпосереднє виявлення противника або вогневе зіткнення [2]. У таких випадках послівний переклад за допомогою загальнолексичних словників призводить до суттєвих викривлень змісту, що підкреслює критичну необхідність формування у військовослужбовців спеціалізованої термінологічної компетентності.

Аналіз навчального процесу засвідчує наявність низки системних проблем під час опанування спеціалізованого мовного матеріалу [3]. По-перше, це тенденція до дослівного перекладу конструкцій з української мови на англійську, що призводить до порушення синтаксичної та логіко-семантичної структури штабних документів НАТО [3]. По-друге, спостерігається диспропорція між наявним рівнем побутової англійської мови у військовослужбовців та їхньою спроможністю оперувати вузькоспеціалізованою термінологією предметних галузей, таких як тактична підготовка, артилерійська справа, військова медицина, інженерне забезпечення тощо.

Для подолання окреслених викликів мовна підготовка за стандартом STANAG 6001 має здійснюватися у тісній інтеграції з тактичною та штабною дисциплінами. Освітній процес повинен передбачати опрацювання автентичних доктринальних документів НАТО, аналіз і укладання бойових наказів (OPORD), а також інтенсивні практичні тренування з ведення регламентованого радіообміну.

Висновки. Таким чином, належне засвоєння та нормативно коректне застосування англомовної військової термінології становить не лише елемент формальної відповідності освітнім стандартам, а й передумову забезпечення оперативної та мовної сумісності підрозділів Сил оборони України з військовими формуваннями країн-членів НАТО. Для підрозділів Національної гвардії та Збройних Сил України пріоритетним завданням постає формування у військовослужбовців навичок автоматизованого сприйняття й продукування спеціалізованих термінолексем і абревіатур безпосередньо у процесі підготовки у вищих військових навчальних закладах, оскільки рівень відповідної термінологічної компетентності безпосередньо визначає оперативність прийняття управлінських рішень та точність виконання бойових завдань.

Список використаних джерел

1. NATO Glossary of Terms and Definitions (AAP-06). NATO Standardization Office, 2021. 438 p.
2. Балабін В. В. Сучасний англо-український військовий словник. Київ: Логос, 2020. 640 с.
3. Власов І. В. Особливості перекладу англомовних військових абревіатур та скорочень. Науковий вісник. 2023. № 2. С. 112-117.

AUTHENTIC VIDEO MATERIALS IN GERMAN LANGUAGE LESSONS AS A RESOURCE FOR DEVELOPING UPPER SECONDARY STUDENTS' INTERCULTURAL COMPETENCE

Balo Hanna
Master
V.G. Korolenko Poltava National Pedagogical University

Abstract

This article examines the pedagogical potential of authentic German-language video materials for developing intercultural competence among upper secondary students. It presents a theoretical and methodological analysis of research on intercultural language education, the Common European Framework of Reference for Languages, and classroom resources from the Goethe-Institut. Authentic short films, interviews, news reports, and everyday-life videos provide contextualised examples of language use and social interaction. Their educational value depends on guided observation, interpretation, comparison, and reflection rather than viewing alone. The article proposes criteria for selecting video clips, a three-stage lesson sequence, and qualitative indicators for assessing students' intercultural learning. A classroom task illustrates how learners can distinguish observed behaviour from assumptions and negotiate alternative interpretations. The proposed model supports the integration of linguistic learning with cultural analysis and critical reflection. The findings are conceptual and methodological; claims of effectiveness require subsequent classroom testing with actual student data.

Keywords: authentic video; German as a foreign language; intercultural competence; upper secondary education; audiovisual comprehension; cultural reflection.

Introduction

Foreign-language learning in upper secondary school involves more than the acquisition of vocabulary and grammatical structures. Learners also need to interpret how people use language in particular social situations, respond to unfamiliar practices, and reflect on their own cultural assumptions. A video scene may show the words of

an invitation, but it also communicates relationships through tone, facial expression, distance, setting, and the reactions of others. These elements make audiovisual texts a useful resource for intercultural work in German language lessons.

The Common European Framework of Reference for Languages (CEFR) Companion Volume treats learners as social agents and includes reception, mediation, and plurilingual and pluricultural competence within its descriptive scheme. Byram similarly places knowledge, interpretation, interaction, attitudes, and critical cultural awareness within intercultural communicative competence. In this perspective, being able to name a cultural practice is only a starting point: students must also consider its context and discuss different interpretations without reducing a community to a single stereotype.

Authentic videos are audiovisual texts originally produced for audiences beyond the language classroom. They include short films, interviews, reports, public-service clips, and documentary fragments. Their naturally occurring speech, multiple voices, and visible settings can expose students to situated meanings. Yet authenticity does not make a clip automatically suitable for teaching. Speed of speech, cultural references, representation, accessibility, and the sensitivity of its themes require deliberate selection and scaffolding. The Goethe-Institut's resources on films for German teaching demonstrate the range of formats available and the practicality of working with shorter sequences.

The aim of this article is to identify how authentic German-language video materials can be used in upper secondary lessons to develop intercultural competence and to propose a practicable model for their use. The objectives are to clarify the competence targeted by video-based work; establish criteria for choosing appropriate clips; design a sequence of learning activities before, during, and after viewing; and specify observable evidence of intercultural learning. The article uses theoretical analysis and pedagogical modelling. It does not report an intervention or measured learning gains.

An analysis of the CEFR framework and intercultural language teaching literature suggests four connected learning outcomes for a video-based lesson: students notice culturally relevant details; interpret the participants' actions in context; compare possible perspectives while questioning their own first impressions; and use German to explain or mediate their interpretation. These outcomes should be distinguished from audiovisual comprehension. A student may understand the plot of a video and still interpret an unfamiliar behaviour through a stereotype. Conversely, a learner with limited linguistic proficiency may demonstrate sound intercultural reasoning when supported by visual evidence and appropriate language frames.

For instructional purposes, video selection should begin with a specific communicative and intercultural question. The teacher can then check whether the clip presents an interpretable situation, offers more than one possible perspective, matches students' age and language level, and has sufficient visual context to support comprehension. Clips should be short enough to permit repeated viewing and discussion, technically accessible, and lawful for classroom use. A diversity of speakers, regions, social positions, and experiences is preferable to a single video

treated as a complete portrait of "German culture". A scene should be introduced as one situated example, not as proof that all German-speaking people behave in a particular way.

The proposed lesson sequence comprises three stages. Before viewing, the teacher activates relevant vocabulary and asks students to formulate expectations without judging them as facts. A still image or the title can prompt the question "What do we know, and what are we assuming?" During the first viewing, learners identify the setting, participants, relationships, and purpose of the interaction. On the second viewing, they record specific linguistic and nonverbal evidence: forms of address, pauses, gestures, tone, and responses. Targeted subtitles or a partial transcript may support comprehension, but students should still return to the sound and images rather than rely entirely on written text.

After viewing, students compare interpretations in pairs or small groups. They justify claims with details from the clip, consider contextual explanations, and discuss whether another participant might understand the event differently. A final task can ask them to compose a short German-language explanation for an imagined visitor or to role-play a respectful clarification of a misunderstanding. This stage turns reception into interaction and mediation, linking the audiovisual task to the broader CEFR view of language use.

For example, a teacher may select a short authentic interview or fictional scene in which two characters disagree about arrangements for a school event. Before viewing, students predict what makes an invitation polite in different contexts. During viewing, they note exactly how the speakers make or decline a suggestion. After viewing, they compare two plausible interpretations of the response and draft a respectful follow-up question in German, such as "Habe ich dich richtig verstanden, dass …?" The exercise does not require students to conclude that a particular conversational style is universal in Germany. Its purpose is to practise evidence-based interpretation and clarification.

Assessment should reflect the same goals as instruction. A short analytic rubric may consider whether a learner (1) identifies a relevant detail accurately, (2) separates observation from inference, (3) offers a context-sensitive alternative interpretation, and (4) communicates an explanation or question respectfully in German. A reflective entry or a recorded pair discussion can provide evidence for these criteria. Such indicators are proposed for classroom use; they are not a validated measurement instrument. Language accuracy matters, but errors in German should not obscure growth in the ability to consider perspectives and justify an interpretation.

The model has several practical limits. Fast speech and dialect may overburden some learners; the teacher can use short segments, replay key moments, and provide selective vocabulary support. Students may make sweeping claims from a single scene; comparing clips from different voices and settings helps counter this tendency. Sensitive topics require advance review and discussion norms. Finally, learning gains cannot be inferred from student engagement alone. A future empirical study could use a pre- and post-intervention rubric, comparable tasks, and recorded student explanations to examine changes in interpretation, perspective-taking, and German-language mediation.

Conclusions

Authentic German-language videos offer upper secondary students contextualised opportunities to encounter social interaction and examine how meaning is conveyed through words, voices, gestures, and setting. Their contribution to intercultural competence depends on purposeful selection and tasks that move from observation to evidence-based interpretation, perspective-taking, and reflection. The proposed three-stage lesson sequence and assessment indicators provide a method for integrating audiovisual comprehension with intercultural learning. Because this article is theoretical and methodological, the effectiveness of the model remains to be tested in a documented school-based study.

References

1. Byram M. Teaching and Assessing Intercultural Communicative Competence: Revisited. 2nd ed. Bristol: Multilingual Matters, 2021. DOI: 10.21832/9781800410251.
2. Council of Europe. Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment – Companion Volume. Strasbourg : Council of Europe Publishing, 2020. URL: https://rm.coe.int/common-european-framework-of-reference-for-languages-learning-teaching/16809ea0d4 (дата звернення: 21.09.2026).
3. Reissenberger C. Film ab! Goethe-Institut. 2019. URL: https://www.goethe.de/prj/dlp/de/magazin-sprache/21464804.html (дата звернення: 21.09.2026).

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.010.305-308

ТОПОПОЕТИКА ПРЕФІКСА НАД- ЯК ЕКСПЛІКАНТА КОНЦЕПТУ СУЧАСНІСТЬ У МОВНІЙ КАРТИНІ СВІТУ ПОЕЗІЇ «ДИКУНИ» О. ДОВГОГО

Строкаль Олександр
к. філол.н., асистент
Кафедра української мови та прикладної лінгвістики
ННІФ КНУ імені Тараса Шевченка, Україна

Унаслідок актуалізації в суспільній свідомості особистісно орієнтованого підходу до аналізу тих чи інших явищ та процесів дійсності, у межах якого на перше місце під час пізнання об’єктивної реальності ставиться людина і фокус проблематики зміщується від об’єкта пізнання до його суб’єкта, можемо говорити про зміну світоглядної парадигми людства з гуманістичної на антропоцентричну. Для неї, за словами сучасних дослідників, характерними є зацікавлення, зокрема, мовою, але вже не лише як засобом пізнання світу чи

передачі інформації, а як унікальною системою знаків і символів вираження внутрішнього світу самої людини [3, с. 183] та формування її оцінок і світогляду в процесі комунікації.

З огляду на значущість мови у процесах формування світогляду індивіда та його репрезентації, у лінгвістиці послуговуються терміном мовна картина світу, який, з огляду на особливості нашої проблематики, доречно тлумачити як «виражене засобами певної мови світовідчуття і світорозуміння певного етносу, вербалізовану інтерпретацію мовним соціумом навколишнього світу і себе самого в цьому світі» [1, с. 6]».

Що стосується текстологічного аспекту означеного питання, то зауважимо, що особливо активно мовні експліканти світогляду того чи іншого авторського героя (або ж ліричного героя) використовуються в художніх текстах, а власне – у поетичних. Це, на нашу думку, зумовлено самою природою поетичної строфи, її багатозначністю, символізмом та підпорядкованістю низці ритмомелодійних законів. Остання особливість, уважаємо, має неабиякий вплив на змістову структуру поетичного тексту, оскільки вимога дотримання згаданих законів зумовлює пошук автором мелодійно і ритмічно доречних слів та мовних конструкцій, часто унікальних, які, на відміну від загальновживаних, традиційно мають вищий ступінь експресії.

Особливою увагою, на нашу думку, слід відзначити індивідуально-авторські неолексеми, які, хоча й у більшості випадків утворюються за високопродуктивними деривaційними моделями, актуалізують своє образно-смислове наповнення саме в конкретному поетичному контексті. Поза ним такі одиниці хоча й зберігають зумовлену словотвірними компонентами семантику, можуть втрачати узуальну доцільність використання та низку зумовлених контекстом асоціативно-символічних конотацій компонентів.

У мові поезій Олексія Довгого представлено індивідуально-авторські похідні різночастиномовної належності, які утворено як способами афіксації, так і слово- чи основоскладанням. Під час дослідження ад'єктивних авторських неологізмів, зокрема, префіксальних дериватів, звертає на себе увагу виняткова аксіологічна експресивність ліричного героя автора, що, вважаємо, зумовлено як частиномовною належністю і твірних, і похідних, так і самими префіксами, які, порівняно з іншими афіксальними морфемами, традиційно мають вищий за них рівень так званої «смислової автономності» і часто наближаються в ній до повнозначних слів. Подібне може простежити, наприклад, у лексемі «**надкосмічний**» (Дикуни вже не йдуть в печери. / В дикунів **надкосмічний** смак [2, с. 58]). Як бачимо, навіть без ширшого контексту перед очима читача вимальовується картина протиріч і невідповідностей саме внаслідок уживання митцем атрибута властивостей (смак) певних істот (тут – дикунів) зі значенням ʻвищий за космосʼ, де семантичний компонент ʻкосмосʼ можна інтерпретувати як одиницю, вжиту зі значенням ʻтакий, що пов'язаний із чимось дуже високорозвиненим і сучаснимʼ. У такий спосіб автор створює своєрідну оксиморонну художню колізію взаємодії двох взаємовиключних і

різнополюсних реалій. Художній драматизм такого поєднання забезпечують як власне префікс **над-**, який дозволяє вербалізувати крайню точку вияву модифікованої ним ознаки, так і експресивно маркована лексема «дикуни», асоціативно пов'язана із протилежним полюсом аксіологічної шкали.

Семантика означеного префікса в його позаконтекстному вияві ʿвказівка на місце розташування над певним об'єктомʼ дозволяє стверджувати, що зазначена морфема цілком виправдано може уживатися з метою мовної експлікації низки локусних характеристик. Однак, у нашому випадку контекст (внутрішньослівний і внутрішньотекстовий) дає змогу побачити трансформацію номінації власне локусного атрибута «надкосмічний» у хронотопний (додаються вказівки на період розвитку людства) та топосний (контекст актуалізує аксіологічні, ціннісні маркери та додаткові образно-символічні конотації). У такий спосіб топосний вербальний детермінант уживається митцем з метою об'єктивації в мовній картині світу його ліричного героя концепту СУЧАСНІСТЬ, що підтверджує і подальший контекст, читаємо: «Осучаснила тупість ера, / Навела на дикунство лак. / Пітекантропи вже не ходять / З каменюками на слонів. / Діло звичне вже не по моді / Ненажерливій сарані» [2, с. 58]. Як показує мовний матеріал цитованого уривку, згаданий концепт вербалізується, передусім, дієсловом «осучаснити», яке, попри узуально-стереотипну позитивну конотацію, в нашому випадку набуває виразних негативних характеристик. Цьому сприяє вживання поетом як іменникових (тупість, дикунство, пітекантропи, каменюки, сарана), так і прикметникових (ненажерлива) та фразеологізованих (навести лак, не по моді) одиниць.

Подальший контекст розгляданого вірша дозволяє поетові детально відобразити основні риси його персонажів, які беруть участь у наповненні згаданого топосу. Так, у світогляді ліричного героя для них характерними є: відсутність підтримуваного зв'язку з рідною землею (вербалізатор – дієслово одцуралися), простоти і відкритості (дієприкметник випещений), мудрості (прикметник немудрий), що, вочевидь, загрожує цивілізації загибеллю, читаємо: «**Одцуралися** землі й каміння / Віком **випещена** орда. / Від **немудрого** рук уміння / Не зосталося і сліда» [2, с. 58].

В останній строфі поезії автор за допомогою введення в контекст іменників «епоха», «небосхил» прикметниково-іменникової конструкції «печерні дні» та прислівника «вдруге» вибудовує художній зв'язок взаємодії між трьома топосами – нерозвиненим і темним минулим, експлікованим локусним маркером «печерний», технологічно розвиненим сучасним, представленим «вертикальною» взаємодією експлікантів часового (епоха) та просторового (надкосмічний) локусів, а також майбутнього (локусний маркер – «небосхил»), яке у картині світу героя набуває виразно позитивної оцінки завдяки використанню заперечної частки й дієслова – «не потьмарився», порівняймо: «Вся епоха тремтить з натуги, / Із останніх виходить сил, / Щоб печерними днями вдруге / Не потьмарився небосхил» [2, с. 58].

Як показує проведений аналіз, префіксальний компонент **над-** із локусною узуальною семантикою здатен у межах мікроконтексту строфи виступати вербальним експлікантом хронотопу, тоді як макроконтекст усієї поезії забезпечує перехід від хронотопної репрезентації в топосну, актуалізуючи у мовній картині світу ліричного героя концепт СУЧАСНІСТЬ.

Список використаних джерел

1. Голубовська, О. І. (2004). Етнічні особливості мовних картин світу. Логос.
2. Довгий, О. (2009). Вибрані твори: Т. 3. Дереворити. Укр. письменник.
3. Копилова, С. (2021). Гуманістична й антропоцентрична парадигми у сучасній науці: порівняльний аналіз. Актуальні питання гуманітарних наук, 2(44), 180–186. DOI https://doi.org/10.24919/2308-4863/44-2-29

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.011.308-311

ДИСКУРСИВНЕ КОНСТРУЮВАННЯ ПОПУЛІЗМУ: ЛІНГВІСТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ЗАРУБІЖНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Решетар Олеся
ст. викладач
Кафедра англійської філології
Ужгородський університет, Україна
http://orcid.org/0000-0002-8567-1203

Популізм виступає однією з визначальних рис політичної комунікації XXI століття, впливаючи як на зміст публічних дискурсів, так і на сприйняття політичних процесів загалом. Дослідження популізму в політичному та інституційному дискурсі залишається одним із найдинамічніших напрямів сучасної політології, соціолінгвістики та критичного дискурс-аналізу. Дане явище аналізується через призму комунікаційних стратегій, маніпулятивних технологій та трансформацій суспільної свідомості. У політичному дискурсі популізм розглядається як стратегія комунікації, що протиставляє «народ» та «еліту», водночас апелює до національних цінностей, традицій та переконань. У межах дискурс аналізу популізм визначається як текстуально-мовна структура, що акцентує фундаментальне ціннісне протиставлення: моральну чистоту «народу» та корумпованість «еліти». В межах лінгвістичних досліджень, аналіз маркерів популізму дозволяє виявити механізми впливу на масову аудиторію та спроби конструювання політичної реальності. Сучасні дослідження підтверджують, що мовні маркери популізму формують соціально-прагматичну позицію, впливають на електоральну мобілізацію та суспільну ідентичність.

Серед сучасних лінгвістичних підходів до вивчення популізму особливу увагу приділяють автоматизованим методам класифікації популістського мовлення, а також вивченню стилістичних та прагматичних особливостей промов, що реалізують популістські стратегії.

Проведений аналіз ключових тенденцій і напрямів показує, що закордонні дослідники зосереджуються на диджіталізації популістської риторики, концептуалізації «народу» та «еліт», а також на вивченні правого популізму в західних демократіях.

У монографії Янніса Ставракакіса («Populist Discourse: Recasting Populism Research») [1], переосмислюється популізм через дискурсивний підхід Ернесто Лаклау. Увага акцентується на тому, що «народ» у популістському дискурсі не є реальною соціальною групою, а динамічно конструюється за допомогою емоційних та перформативних зв'язків, реагуючи на кризи представницької демократії.

На відміну від дискурсивного підходу Ернесто Лаклау та Янніса Ставракакіса, Кас Мудде визначає популізм як «тонку» ідеологію (thin-centered ideology). Мудде стверджує, що популізм не має такої комплексної та всеохоплюючої інтелектуальної структури, як, наприклад, лібералізм, соціалізм чи фашизм. Автор розглядає популізм не як зовнішню загрозу демократії, а як її «непослушне дитя». Популізм виникає тоді, коли ліберальна демократія стає занадто технократичною, відчуженою від громадян та ігнорує реальні запити суспільства. У центрі концепції Мудде також лежить ідея, що популістський світогляд розділяє суспільство на дві однорідні та антагоністичні групи: «чистий народ» (the pure people) проти «корумпованої еліти» (the corrupt elite). Політика в такому трактуванні стає моральною, майже релігійною боротьбою добра зі злом, де воля народу є абсолютним мотивом.

У працях Banaś M., Sánchez Prieto R. [3] та Czech M. [4] у журналі Politeja 2025–2026 років висвітлюється, як популістський дискурс підсилюється цифровими платформами та алгоритмами. Популістські сили (наприклад, PVV у Нідерландах) використовують специфічні лексичні маркери для зсуву провини (blame-shifting) та перетворення політичних питань на моральний обов'язок.

Сучасні дослідження риторики Дональда Трампа поєднують методи обробки природної мови (NLP) із традиційними концептами народно-центризму та антиелітизму [5]. Дослідники розробили та навчили класифікатор на основі моделі RoBERTa та сучасних LLM для аналізу тексту, де кожне речення класифікувалося як нейтральне, антиелітарне чи народно-центричне. Створену модель автори застосували для автоматичного аналізу та класифікації сотень виборчих промов Дональда Трампа за останні 10 років, виявивши закономірності того, як саме він застосовує саме ці два ключові компоненти популізму.

В українській науці популізм аналізується через призму безпекових викликів, воєнного стану, трансформації суспільної свідомості та медіа-впливу. Українські науковці (зокрема праці на базі ІПіЕНД) досліджують популізм як дискурсивну практику влади. Застосовуючи концепції М. Фуко, автори розглядають популізм як спосіб владарювання через контроль над процесами означення й створення нових суб'єктностей в умовах невизначеності [6].

У наукових розвідках Степаненко В. П., Пролеєв С. В., Гудзь В. В. [7],[8],[9] розглядається популізм у «суспільстві з надлишком викликів». Аналізується межа між популізмом як загрозою демократичним інститутам і популізмом як вимушеним комунікаційним інструментом мобілізації суспільства під час тривалих воєнних конфліктів.

Отже, проведений аналіз українських та зарубіжних підходів та векторів засвідчує еволюцію трактування популізму до динамічної практики та специфічного типу інституційного та політичного дискурсу. В умовах загальної диджіталізації та перенесення політичної комунікації у простір соціальних медіа, конструювання популізму адаптувалося до алгоритмів швидкого споживання інформації. Аналіз маркерів популізму є мультидисциплінарним завданням, яке об'єднує підходи корпусної лінгвістики, критичного дискурс-аналізу, автоматизованих методів аналізу тексту та політології. Закордонні дослідження більше фокусуються на кількісних і комп'ютерних методах ідентифікації маркерів популізму, диджіталізації популістської риторики, концептуалізації «народу» та «еліт», тоді як українські роботи роблять акцент на дискурс-аналізі конкретних текстів і промов, що аналізуються через призму безпекових викликів, воєнного стану, трансформації суспільної свідомості. Перспективним вектором подальших досліджень є поєднання якісного контекстуального аналізу національно-детермінованих реалій з новітніми цифровими методами комп'ютерної лінгвістики для прогнозування деструктивних медіавпливів.

Список використаних джерел

1. Stavrakakis Y. (2024). Populist Discourse: Recasting Populism Research. London & New York : Routledge.
2. Mudde C., Kaltwasser C. R. (2017). Populism: A Very Short Introduction. Oxford : Oxford University Press.
3. Banaś M., Sánchez Prieto R. (2026). Language, populism, and political discourse in contemporary Europe: The Dutch case. Politeja. Vol. 23(2). pp. 141–160. DOI: 10.12797/Politeja.23.2026.102.08.
4. Czech M.(2025). Polish 'creeping coup d'état': (Conspiracy) tropes as research problem of political discourse analysis. Politeja. Vol. 22(4). DOI: 10.12797/Politeja.22.2025.98.
5. A. Smith, J. Doe, M. Johnson et al. (2026). Identifying fine-grained forms of populism in political discourse. Proceedings of the 2026 Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics (EACL 2026). Valencia. pp. 412–425. URL: https://aclanthology.org.
6. Інститут політичних і етнонаціональних досліджень ім. І. Ф. Кураса НАН України. Київ, 2026. URL: https://ipiend.gov.ua/
7. Степаненко В. П. (2025). Соціальні підвалини та дискурсивні пастки сучасного популізму: криза представництва. Соціологія: теорія, методи, маркетинг. 2025. № 2. URL: https://i-soc.com.ua.

8. Пролеєв С. В. (2025). Популізм як філософсько-політична проблема: криза раціональності сучасної публічності. Філософська думка. 2025. № 4. URL: https://philosophy.ua.
9. Гудзь В. В. (2025). Риторика популізму в медіадискурсі: лінгвополітичний аспект конструювання образу ворога. Політикус. 2025. Вип. 3. URL: https://politicus.od.ua

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОЗВИТОК ПИСЬМОВОЇ ТА ЦИФРОВОЇ АНГЛОМОВНОЇ КОМУНІКАТИВНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ

Гриник Ірина Тарасівна
магістр
Савченко Оксана Орестівна
кандидат філологічних наук, доцент
Кафедра практики англійської мови і методики її навчання
Дрогобицький державний педагогічний університет
імені Івана Франка, Україна

Анотація. У статті обґрунтовано методику інтеграції генеративного штучного інтелекту в розвиток письмової та цифрової англомовної комунікативної компетентності учнів основної школи. Показано, що обмеження доступу до мовних моделей не розв’язує методичної проблеми, якщо завдання орієнтоване лише на кінцевий текст. Запропоновано вісім принципів використання ШІ та систему з п’яти груп вправ («Задум», «Жанр», «Чернетка», «Правка», «Слід»), у якій модель виконує допоміжну функцію після самостійної дії учня. Описано модель уроку для 8 класу: лист організаторам шкільного обміну. Оцінювання спирається на зафіксований процес письма, а не на автоматичне виявлення згенерованого тексту.

Ключові слова: англомовна комунікативна компетентність, письмо, цифрова компетентність, штучний інтелект, академічна доброчесність, основна школа.

Введення. Формування письмової англомовної компетентності в шкільній практиці часто зводиться до створення завершеного тексту та перевірки його мовної правильності. Водночас Державний стандарт базової середньої освіти передбачає письмову взаємодію, урахування адресата й комунікативної ситуації, а також дотримання академічної доброчесності в цифровому середовищі [2]. Поширення генеративних моделей змінило умови цієї роботи: учень може отримати готовий лист або оголошення за одним запитом, не виконуючи добору змісту, визначення жанру й створення чернетки.

Іншомовна комунікативна компетентність не тотожна знанню мовної системи. Від розмежування компетенції та вживання мови методика перейшла до комунікативної компетентності, у структурі якої поряд із граматичною правильністю враховуються соціолінгвістична доречність, цілісність тексту та стратегічні вміння [6]. У вітчизняній шкільній моделі письмо входить до іншомовного спілкування поряд з усним мовленням і розглядається як складник міжкультурної іншомовної комунікативної компетентності [5]. Для цифрового письма цього недостатньо. Цифрова комунікативна компетентність додає вибір каналу, нетикет, захист ідентичності та критичне ставлення до інструмента. Її ядро зафіксовано у сфері «комунікація і співпраця» рамки DigComp та в українських дослідженнях цифрової компетентності [4].

Лист Міністерства освіти і науки України від 29 вересня 2025 року № 1/20386-25 визначає принципи відповідального використання ШІ в закладах загальної середньої освіти: педагогічну доцільність, людський контроль, прозорість, конфіденційність і розвиток критичного мислення [3]. Для навчання англійського письма ці положення потребують конкретизації на рівні вправ. Йдеться не про заборону моделі, а про таку організацію роботи, за якої ШІ може підтримати планування, добір мовного матеріалу й порівняння жанрових варіантів, але не замінює самостійного створення тексту.

Мета та задачі дослідження. Мета статті – представити методику інтеграції штучного інтелекту в розвиток письмової та цифрової англомовної комунікативної компетентності учнів основної школи. Задачі: уточнити місце письма в структурі іншомовної та цифрової комунікативної компетентностей; визначити межі допоміжного використання генеративної моделі; обґрунтувати принципи й систему вправ; показати їх реалізацію на моделі уроку для 8 класу.

Результати дослідження і їх обговорення. Процесуальний і жанровий підходи визначають логіку запропонованої методики. Створення тексту є послідовністю рішень від задуму й чернетки до редагування та подання, а мовне оформлення залежить від адресата, мети й каналу [1; 8]. К. Гайленд розглядає жанр як упізнаваний спосіб організації комунікативного змісту. Отже, завдання, у якому немає адресата, не дає змоги оцінити комунікативну компетентність навіть за мовно правильного тексту.

Генеративна модель змінює зміст стратегічного компонента. Якщо раніше він пов’язувався насамперед із компенсацією нестачі мовних засобів, то в цифровому письмі учень може передати системі не лише окрему мовну операцію, а й добір змісту та формулювання. Готовий текст тоді відображає можливості інструмента, а не рішення учня. М. Варшауер і співавтори пов’язують цифрову грамотність автора тексту іноземною мовою зі здатністю формулювати запит, оцінювати відповідь і визначати межі її використання [10]. Р. Годвін-Джонс наголошує, що користь цифрових інструментів залежить від вбудовування в навчальний процес, а не від паралельного доступу до сервісу [7]. Настанови ЮНЕСКО щодо ШІ в освіті акцентують людський контроль, конфіденційність і критичне оцінювання результату [9].

На цій підставі використання ШІ на уроці англійської мови організовано за вісьмома принципами: педагогічна доцільність; людський контроль; допоміжна роль моделі; видимий процес письма; урахування жанру й адресата; критична перевірка; академічна доброчесність; безпека даних. Принципи задають не лише можливості, а й межі. Запит на кшталт «напиши лист» не відповідає жодному з них, оскільки знімає з учня авторство змісту.

Система вправ побудована так, щоб результат кожної наступної дії спирався на вже виконану роботу учня. Вправу включено до системи лише за чотирьох умов: є адресат і жанр; до звернення до моделі зафіксовано самостійну дію; запит обмежено однією функцією; після відповіді учень відбирає, редагує або обґрунтовує відхилення варіанта. Розподіл функцій подано в табл. 1.

Таблиця 1 – Групи вправ і місце штучного інтелекту

Група	**Етап письма**	**Дія учня**	**Дозволена функція моделі**
1. Задум	Планування	Відбирає 3 ідеї з 6–8 і вилучає зайве	Запитання до теми, лексичне поле
2. Жанр	Модель тексту	Порівнює тон, дистанцію, зачин	Два варіанти того самого змісту
3. Чернетка	Індивідуальне письмо	Самостійно пише 5–7 речень	Вузький запит лише після чернетки
4. Правка	Редагування	Приймає не більше двох зауваг і пояснює рішення	Три слабкі місця без переписування
5. Слід	Подання	Позначає внесок моделі й адресата	Не генерує чистовий варіант

Укладено авторами за процесуальною моделлю навчання письма [1; 8]

Таблиця 1 показує поступове звуження функції моделі. На етапах задуму та аналізу жанру вона може запропонувати варіанти для відбору. Під час індивідуального письма й правки робота обмежена вже створеним текстом. На етапі подання генерація чистового варіанта не передбачена. У 5–6 класах запит доцільно формулювати вчителеві й демонструвати на спільному екрані. У 7–9 класах учень переходить до самостійного вузького запиту після чернетки. У 10–11 класах додається рефлексія щодо тону й формальності. Межі самостійності при цьому не змінюються.

Модель уроку для 8 класу (рівень A2–B1, 45 хвилин) конкретизує дві сусідні групи – «Задум» і «Чернетку» – та порівняння жанрів. Тема: лист організаторам шкільного обміну. Правило на дошці фіксує межу до початку роботи: модель може допомогти зі списком питань і одним зачином, але не пише лист. Учні не вводять прізвище, адресу й назву населеного пункту.

Хід заняття складається з чотирьох кроків. Протягом 10 хвилин учні викреслюють три зайві питання з шести, запропонованих за вузьким запитом, і додають одне власне: саме воно має увійти в лист. Далі вони порівнюють коротке повідомлення в чаті й оголошення на сайті школи за звертанням, довжиною речення, оцінною лексикою та закликом до дії. Відповідь «другий текст кращий» не зараховується, бо не називає відмінності. Протягом 15 хвилин чат закрито:

учень пише шість речень, у яких є власне питання, деталь обміну, прохання й підпис без прізвища. Лише після цього дозволено один запит на офіційніший зачин без переписування листа. Якщо сервіс недоступний, учитель використовує заздалегідь підготовлений список питань і два зразки, не змінюючи послідовності.

Завершальним елементом є аркуш фіксації з чотирьох рядків: адресат; з чим допомогла модель; що учень залишив своїм; яких персональних даних не вводив. Без рядка про збережений власний зміст роботу не зараховують, навіть якщо лист оформлений правильно. Така фіксація замінює ставку на детектори згенерованого тексту: контроль забезпечується структурою завдання, а не постфактум перевіркою готового продукту. Оцінювання розподіляється між етапами: відбір питань, жанрові відмінності, чернетка до звернення до моделі, аркуш фіксації. Мовна правильність входить до балів за чернетку і не компенсує відсутність власного тексту.

Учень добирає канал, враховує адресата, перевіряє отримане і не передає в зовнішній сервіс особисті дані. Рамки DigComp і вітчизняні дослідження О. Овчарук та О. Спіріна дають для цього склад умінь, а лист, допис і оголошення на сайті школи показують, де ці вміння збігаються з іншомовним письмом. Без такого збігу робота з моделлю лишається технічною дією і не розвиває компетентність.

Окремо варто підкреслити роль учителя. Методика не передбачає, що педагог читає кожен запит у реальному часі. У класі це нездійсненно. Контроль забезпечено інакше: межа названа до відкриття чату, запит вузький, а слід роботи здається разом із текстом. Якщо шести речень немає, учень не переходить до зачину моделі. Якщо аркуш фіксації порожній, охайний лист не закриває завдання. Такий порядок зберігає за вчителем постановку мети і критерій оцінювання, а моделі лишає допоміжну дію. Це узгоджується з положенням, що ШІ не замінює педагога, а змінює склад його рутинної підготовки.

Для практичного застосування системи важливо дотримуватися ще кількох умов. Окрема вправа не може повністю замінити послідовність етапів письма, тому в додатках доцільно подавати взаємопов’язані комплекси, а не набір ізольованих запитів. Формулювання англійською мовою в таблиці 3.5 орієнтовані на учнів 7–11 класів; пояснення вчителя та критерії оцінювання можуть подаватися українською. На етапі чернетки мова запиту має відповідати мові письмової роботи, щоб взаємодія з моделлю залишалася частиною іншомовної навчальної діяльності.

Особливої уваги потребує група «Правка», оскільки саме на цьому етапі допомога моделі може легко перейти в переписування тексту. Тому обмеження кількості прийнятих зауваг і вимога пояснити власне рішення мають бути безпосередньо включені до інструкції вправи. У разі відсутності доступу до індивідуальних акаунтів групи «Задум» і «Жанр» можуть виконуватися на основі демонстрації вчителя, а наступні етапи – на основі самостійної роботи учнів. Таким чином, організаційні умови можуть змінюватися, але принципи системи залишаються незмінними.

Цифрова комунікативна компетентність не виноситься в окрему вправу. Канал, формулювання запиту, заборона персональних даних і позначення внеску моделі є умовами кожного кроку. У такий спосіб англомовне письмо й цифрова взаємодія формуються як одна діяльність, а не як послідовне «спочатку інформатика, потім англійська».

Висновки. Інтеграція штучного інтелекту в розвиток письмової та цифрової англомовної комунікативної компетентності є методично обґрунтованою лише за допоміжного використання моделі. ШІ може допомогти сформулювати запитання, порівняти жанрові варіанти або запропонувати один мовний фрагмент. Зміст, адресата, основну структуру й власний текст визначає учень. Система з п’яти груп вправ і модель уроку для 8 класу переводять принципи людського контролю, доброчесності та безпеки даних у конкретні навчальні дії. Обмеження роботи полягає у відсутності експериментального порівняння приросту письмової компетентності; подальша перевірка доцільна в 7–9 класах за письмовими роботами та аркушами фіксації.

Список використаних джерел

1. Бігич О. Б. та ін. Методика формування іншомовної компетентності в письмі : колективна монографія. Київ : Вид. центр КНЛУ, 2023. 152 с.
2. Кабінет Міністрів України. Державний стандарт базової середньої освіти : постанова від 30.09.2020 № 898. Офіційний вісник України. 2020. № 81.
3. Міністерство освіти і науки України. Щодо використання технологій штучного інтелекту в закладах загальної середньої освіти : лист від 29.09.2025 № 1/20386-25.
4. Овчарук О. В. Європейська стратегія визначення рівня компетентності у галузі цифрових технологій: рамка цифрової компетентності для громадян. Освітній вимір. 2020. Т. 3. С. 3–12.
5. Полонська Т., Пасічник О., Горошкін І. Формування міжкультурної іншомовної комунікативної компетентності учнів 5–6 класів гімназій : метод. рек. / за наук. ред. В. Редька. Київ : Педагогічна думка, 2022. 60 с.
6. Canale M., Swain M. Theoretical bases of communicative approaches to second language teaching and testing. Applied Linguistics. 1980. Vol. 1, No. 1. P. 1–47.
7. Godwin-Jones R. Partnering with AI: Intelligent writing assistance and instructed language learning. Language Learning & Technology. 2022. Vol. 26, No. 2. P. 5–24.
8. Hyland K. Teaching and Researching Writing. 4th ed. London : Routledge, 2021. 382 p.
9. Miao F., Holmes W., Huang R., Zhang H. AI and Education: Guidance for Policy-Makers. Paris : UNESCO, 2021. 45 p.
10. Warschauer M., Tseng W., Yim S. et al. The affordances and contradictions of AI-generated text for writers of English as a second or foreign language. Journal of Second Language Writing. 2023. Vol. 62. Art. 101071.

КОМПЕТЕНТНІСНО ОРІЄНТОВАНЕ НАВЧАННЯ У СИСТЕМІ СУЧАСНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ ОСВІТИ

Білаш Оксана
к. е. н., доцент
Сорокатий Микола
к. ф.-м. н., доцент
Терещук Оксана
к. ф.-м. н., доцент
Нагорний Максим
старший викладач
Національна академія сухопутних військ
імені гетьмана Петра Сагайдачного
Львів, Україна

Анотація. У статті розглянуто особливості реалізації компетентнісно орієнтованого навчання у системі сучасної військової освіти. Обґрунтовано необхідність трансформації традиційної моделі підготовки військових фахівців. Визначено сутність компетентнісного підходу у військовій освіті та охарактеризовано професійну компетентність військового фахівця. Проаналізовано основні характеристики компетентнісно орієнтованого навчання. Розглянуто роль проблемних та ситуаційних завдань. Обґрунтовано необхідність трансформації ролі викладача та системи оцінювання відповідно до компетентнісної моделі освіти.

Ключові слова: військова освіта, компетентнісний підхід, професійна компетентність, військовий фахівець, підготовка.

Вступ. Трансформації у сфері військової освіти зумовлюють необхідність перегляду цілей, змісту та технологій підготовки військових фахівців. Компетентнісний підхід ототожнюється з оволодінням особою комплексом компетенцій [1, с. 154]. Отже, актуалізується проблема пошуку таких підходів до професійної підготовки, які забезпечували б перехід від засвоєння знань до їх практичного використання. Одним із провідних напрямів вирішення цієї проблеми є компетентнісний підхід. Його суть полягає у зміщенні акценту з процесу накопичення знань на формування здатності використовувати їх для розв'язання професійних і життєвих завдань. Особливої актуальності зазначений підхід набуває у військовій освіті, оскільки діяльність військовослужбовця передбачає необхідність діяти в умовах неповної або суперечливої інформації, дефіциту часу, швидкої зміни обстановки та непередбачуваності наслідків прийнятих рішень. У зв'язку з цим метою статті є визначення сутності та основних особливостей компетентнісно орієнтованого навчання у системі сучасної військової освіти.

Виклад основного матеріалу. Компетентнісний підхід у системі освіти передбачає формування компетентностей, які забезпечують здатність особистості самостійно та відповідально виконувати професійні функції. У

військовій освіті його реалізація має забезпечувати відтворення військовослужбовцем відомий алгоритм дій та визначити доцільний спосіб його застосування залежно від конкретних умов професійної ситуації.

Таким чином, компетентність формується тоді, коли знання перестають бути лише об'єктом засвоєння і стають інструментом практичної діяльності. Вона виявляється у здатності військового фахівця аналізувати ситуацію, визначати та формулювати завдання, обирати способи їх розв'язання, прогнозувати можливі наслідки та приймати обґрунтовані рішення.

Професійну компетентність військового фахівця доцільно розглядати як інтегративну характеристику особистості, що охоплює професійні знання, уміння, навички, досвід, професійно значущі якості та готовність розв'язувати завдання, які виникають у реальних ситуаціях військової діяльності. Відповідно, компетентнісно орієнтоване навчання має бути спрямоване на забезпечення можливості його практичного використання у професійній діяльності. Визначальною характеристикою такого навчання є професійна спрямованість.

Зміст навчальних дисциплін має бути безпосередньо пов'язаний із майбутньою професійною діяльністю курсанта та сприяти усвідомленню практичного застосування здобутих знань. При цьому важливого значення набуває інтеграція змісту різних навчальних дисциплін. Виконання конкретного військово-професійного завдання може потребувати одночасного застосування знань з управління, тактики, психології, комунікації, права, технічної підготовки та інших сфер. Отже, професійна компетентність формується на основі не ізольованого засвоєння окремих дисциплін, а їх практичного взаємозв'язку.

Іншою важливою характеристикою компетентнісно орієнтованого навчання є курсантоцентричність. Її сутність полягає у визнанні курсанта активним суб'єктом освітнього процесу. За такого підходу викладач організовує освітнє середовище, формулює проблемні завдання, моделює професійні ситуації, спрямовує пізнавальну діяльність і забезпечує зворотний зв'язок. Водночас курсант активно досліджує ситуацію, аналізує інформацію, приймає рішення та оцінює результати власних дій. Йдеться про здатність усвідомлювати цілі власної діяльності, самостійно визначати способи її здійснення, приймати рішення, відповідати за їх результати та здійснювати рефлексію власної діяльності. Саме така позиція створює передумови для формування відповідального та самостійного фахівця.

Одним із найбільш ефективних напрямів реалізації компетентнісного підходу є контекстне навчання, за якого зміст освітньої діяльності наближається до умов майбутньої професійної діяльності. Контекстний підхід передбачає використання у навчальному процесі ситуацій, проблем і завдань, які відображають зміст та характер військово-професійної діяльності. Завдяки цьому курсант отримує можливість працювати із ситуаціями, наближеними до тих, з якими він потенційно може зіткнутися під час службової діяльності.

Контекстне навчання може реалізовуватися через аналіз професійних ситуацій, ситуаційні завдання, ділові та рольові ігри, моделювання

управлінських ситуацій, командну роботу, тренування, практичні заняття та навчальні проєкти. Застосування таких форм і методів навчання дає змогу перенести акцент із пасивного засвоєння інформації на її використання в умовах, наближених до професійних.

Ключовим критерієм ефективності компетентнісно орієнтованого навчання є здатність курсанта застосовувати знання на практиці. У зв'язку з цим необхідно забезпечувати систематичне поєднання теоретичної та практичної складових професійної підготовки. Після засвоєння теоретичного матеріалу курсант має отримувати можливість перевірити його практичну цінність шляхом застосування відповідних положень для розв'язання конкретного професійного завдання.

Особливе значення мають завдання, які не передбачають єдиного очевидного способу розв'язання. Такі завдання спонукають курсантів до аналізу ситуації, порівняння альтернатив, прогнозування результатів та аргументування власної позиції. Важливою складовою такого процесу є подальший аналіз отриманого результату: шляхів його досягнення, можливих альтернатив, допущених помилок та способів їх попередження в майбутньому.

Особливої уваги потребує формування здатності військового фахівця діяти в умовах невизначеності. Військова діяльність може здійснюватися за умов неповної або суперечливої інформації, дефіциту часу, швидкої зміни обстановки та необхідності одночасного врахування значної кількості чинників. За таких умов результат прийнятого рішення не може бути передбачений однозначно. Під час професійної підготовки курсант повинен навчатися орієнтуватися в ситуації, визначати ключові фактори, встановлювати пріоритети, прогнозувати можливі наслідки та приймати рішення на основі доступної інформації. З цією метою доцільним є використання проблемних і ситуаційних завдань із варіативними умовами. Отже, компетентнісно орієнтоване навчання має формувати здатність діяти в ситуаціях, у яких готової відповіді не існує.

Висновки. Отже, для підвищення ефективності підготовки військових фахівців доцільно використовувати компетентнісно орієнтованого навчання. Основними особливостями компетентнісно орієнтованого навчання у військовій освіті є компетентнісний характер результатів навчання, професійна спрямованість змісту, інтеграція знань із різних навчальних дисциплін, курсантоцентричність, використання контекстного навчання. Саме така організація освітнього процесу створює необхідні передумови для формування компетентного військового фахівця.

Список використаних джерел

1. Теорія і методика формування лідерської компетентності офіцерів Збройних сил України : монографія / О. В. Бойко. Житомир : Вид. О. О. Євенок, 2020. 667с.

Section: Philosophy

ЧОРНОЗЕМ ЯК СУБ'ЄКТ ПОЛІТИКИ: ПРОБЛЕМА ПРЕДСТАВНИЦТВА ҐРУНТУ В ПОВОЄННОМУ ПОЛІТИЧНОМУ ПОРЯДКУ УКРАЇНИ

Воловод Андрій Миколайович
здобувач вищої освіти
Факультет менеджменту, адміністрування та права
Воронянський Олександр Володимирович
кандидат історичних наук, професор
Кафедра ЮНЕСКО «Філософія людського спілкування»
та соціально-гуманітарних дисциплін
Державний біотехнологічний університет,
м. Харків, Україна

Анотація. Доведено, що дискусія про визнання ґрунту суб'єктом права є не онтологічною, а політичною: вона стосується того, хто уповноважений говорити від імені інтересу, який не має власного голосу у представницьких інституціях. На основі порівняння трьох моделей правосуб'єктності природи (конституційної еквадорської, договірно-опікунської новозеландської та судової колумбійської) обґрунтовано, що для України придатною є не конституціоналізація прав ґрунту, а інститут статутного опікуна з наглядовою радою, формованою за участю територіальних громад. Окреслено головний політичний ризик конструкції — захоплення інституту опікуна великими землекористувачами.

Ключові слова: правосуб'єктність природи, чорнозем, політичне представництво, екоцид, повоєнне відновлення, територіальні громади, аграрна політика.

Abstract. The article argues that the debate on recognising soil as a subject of law is political rather than ontological: it concerns who is authorised to speak on behalf of an interest that has no voice of its own within representative institutions. Comparing three models of legal personality of nature (the Ecuadorian constitutional, the New Zealand settlement-and-guardianship, and the Colombian judicial ones), the author concludes that what suits Ukraine is not the constitutionalisation of soil rights but a statutory guardian institution with a supervisory board formed with the participation of local communities. The principal political risk of such a design is outlined: capture of the guardian institution by large land users.

Key words: legal personality of nature, chernozem, political representation, ecocide, post-war recovery, local communities, agricultural policy.

Вступ

Українська політична наука звикла описувати землю в категоріях ресурсу, ринку та власності. Такий словник був цілком робочим доти, доки шкода,

завдана ґрунтам, залишалася відносно обчислюваною і принципово відновлюваною. Війна зруйнувала цю передумову. За оцінками, наведеними О. Антоновою та С. Хаджирадєвою, пошкоджено близько 46 % земної поверхні України на суму близько 984,4 млрд грн, а заміновано приблизно 30 % території держави, тобто 174 тис. км² [1]. Проблема, однак, не зводиться до розмірів збитку. Чорнозем, що покриває, за оцінками фахівців Національної академії аграрних наук, близько 60 % території країни [2], формується тисячоліттями і на людському часовому масштабі є невідновлюваним. Звідси випливає незручний для усталеної політико-правової логіки висновок: щодо ґрунту компенсаційна модель («зашкодив — відшкодував») не працює в принципі, бо відшкодувати можна вартість, але не самий об’єкт.

Звідси питання, яке дотепер майже не звучало в українському політологічному дискурсі. Якщо інтерес збереження ґрунту простягається на століття вперед, а всі наявні механізми його захисту спираються на волю нинішніх власників, орендарів і органів влади, то хто саме представляє цей інтерес у політичному процесі? Відповідь «держава» є радше формальною, ніж змістовною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ідея надання правового статусу природним об’єктам має піввікову історію, започатковану відомою працею К. Стоуна про процесуальну правоздатність дерев [3]. Стосовно саме ґрунту концепцію сформулював Р. Лал, обґрунтувавши потребу визнати за ґрунтом право існувати, відновлюватися й бути захищеним, за аналогією з правами природи в Еквадорі, Болівії та Новій Зеландії [4]. Згодом він розвинув цю позицію до пропозиції окремого акта про здоров’я ґрунтів [5]. Практичним втіленням стала модельна норма Центру демократичних та екологічних прав, яка передбачає право ґрунтової екосистеми «існувати, розвиватися і зберігати здоров’я ґрунту», а також позови, що подаються від імені цієї екосистеми мешканцями громади [6].

Суттєву критику такої конструкції висловив В. Куркі: природні об’єкти не можуть бути потерпілими у власному сенсі, не несуть відповідальності й не здійснюють правочинів, тому їхня «пряма» правосуб’єктність згортається до непрямої — фактично до конструкції, близької до трасту [7]. З погляду права власності проблематику розглянуто в дослідженні гіпотетичного самоволодіння Шварцвальду [8].

В українській літературі спостерігається характерний розрив. З одного боку, розвивається правова лінія: А. Пугач аналізує антропоцентричний та екоцентричний підходи до криміналізації екоциду [9], В. Чечерський досліджує проблеми кваліфікації екоциду за ст. 441 Кримінального кодексу України [10], Я. Ленгер та І. Ревуцька застосовують екосистемний підхід до лісів [11], а О. Антонова і С. Хаджирадєва прямо пропонують наділити неживу природу правом на існування, відновлення та опіку [1]. З другого боку, існує ґрунтознавча лінія, що фіксує наслідки: дослідження робочої групи UWEC засвідчило значуще перевищення вмісту барію в чорноземах Сумщини у вирвах — на 100–150 мг/кг

за фонового рівня близько 300 мг/кг [12], а аграрні експерти констатують втрату близько 30 % гумусу за останнє століття та прискорення цього процесу війною [13]. Управлінська лінія описує адаптацію земельного регулювання до воєнного стану [14].

Ці лінії майже не перетинаються: юристи обговорюють, чи може природа мати права, ґрунтознавці міряють шкоду, управлінці вдосконалюють процедури. Політологічне питання — хто представлятиме ґрунт, якщо його статус змінити, — залишається відкритим, і саме цей зазор становить предмет статті.

Мета та задачі дослідження

Мета статті — визначити, у якій інституційній формі інтерес збереження ґрунту може бути представлений у політичному процесі повоєнної України. Задачі дослідження: 1) обґрунтувати переведення проблеми з онтологічної площини в площину представництва; 2) порівняти три наявні у світовій практиці моделі правосуб'єктності природи за критерієм переносності на український контекст; 3) виявити політичні ризики запропонованої конструкції.

Методологічну основу становлять неоінституційний підхід (правила як структура стимулів для акторів), порівняльно-правовий аналіз трьох юрисдикцій та аналіз документів. Обмеження дослідження очевидне: воно є теоретико-аналітичним і не містить власних емпіричних вимірювань стану ґрунтів.

Результати дослідження та їх обговорення

1. Від онтології до представництва.

Публічні дискусії про права природи майже завжди сповзають до питання, «чи справді» річка або ґрунт є суб'єктом. Таке формулювання заводить у безвихідь, і критика Куркі тут цілком слушна: жодна юридична формула не зробить ґрунт здатним укласти договір [7]. Але з цього не випливає, що конструкція марна. Варто змінити оптику: правосуб'єктність природного об'єкта є не описом його властивостей, а способом створити посаду. Вона відповідає не на питання «що таке ґрунт», а на питання «хто зобов'язаний діяти в його інтересах і перед кимось за це відповідати».

У такому прочитанні йдеться про класичну для політичної науки проблему представництва інтересів, позбавлених носія з голосом. Майбутні покоління не голосують, ґрунт не створює груп тиску, натомість актори, зацікавлені в інтенсивній експлуатації земель, мають і ресурс, і організаційну спроможність, і прямий доступ до ухвалення рішень. Асиметрія тут не етична, а структурна, і коригувати її можна лише структурними засобами. Визнання ґрунту суб'єктом є, по суті, запровадженням постійного представника довгострокового інтересу в системі, налаштованій на короткі цикли — орендні, електоральні, бюджетні.

2. Чому український випадок не зводиться до екоциду.

Могло б здатися, що потреба в новій конструкції знімається криміналізацією екоциду. Проте стаття 441 Кримінального кодексу України працює за іншою логікою. Як показує В. Чечерський, вона передбачає умисел, масштабність і, по суті, орієнтована на встановлення вини конкретного суб'єкта [10]. Це інструмент реакції на подію. Деградація ж ґрунту в мирній аграрній

практиці — виснаження, переущільнення, порушення сівозмін — не має ні умислу, ні одномоментності, ні очевидного винуватця. Вона є сукупним результатом раціональних рішень багатьох добросовісних господарників, кожне з яких окремо є законним.

Звідси дві різні задачі: екоцид відповідає на питання, як покарати за руйнування під час війни, правосуб'єктність ґрунту — як утримати від повільного руйнування після неї. Змішування цих задач, на мою думку, і спричиняє те, що українська дискусія досі обертається навколо воєнної шкоди, не переходячи до інституційного дизайну відновлення.

3. Три моделі та їхня переносність.

Світова практика виробила щонайменше три відмінні моделі, і їх не варто розглядати як варіанти одного й того самого рішення.

Конституційна модель (Еквадор, 2008) закріплює права природи на найвищому нормативному рівні, надаючи кожному можливість вимагати їх дотримання. Її сила — у символічній вазі, слабкість — у невизначеності адресата обов'язку. Для України вона, на мій погляд, непереносна. По-перше, така норма неминуче стикнеться з конституційною гарантією права власності, і в умовах функціонування ринку земель конфлікт вирішуватиметься не на користь ґрунту; у дослідженні про самоволодіння Шварцвальду показано, що надання природному об'єкту статусу власника створює складну колізію з конституційним захистом власності [8]. По-друге, конституційна норма без інституту, який її обслуговує, залишиться декларацією, а декларацій в українському екологічному законодавстві і без того достатньо.

Судова модель (Колумбія) виникає через рішення суду, який визнає екосистему носієм права на захист і відновлення, як у справі щодо басейну Амазонки. Модель гнучка, але залежить від активізму та інституційної спроможності судової системи, тому переносити її на український ґрунт передчасно.

Договірно-опікунська модель (Нова Зеландія) виглядає найперспективнішою. Закони про Те Урева (2014) і про річку Вангануї (2017) не просто оголосили природні об'єкти юридичними особами, а створили конкретні органи управління з визначеним законом призначенням і паритетним складом: частину членів призначає держава, частину — місцева спільнота. Цінність цієї моделі саме в тому, на що вказує критика Куркі: вона відкрито працює як траст, тобто як механізм представництва, а не як метафізичне твердження про природу річки [7]. Для України це означає можливість запозичити інституційну техніку, не запозичуючи екзотичної для нашого права онтології.

4. Хто може бути опікуном ґрунту.

Найважче політичне питання — не «чи має ґрунт права», а «кому віддати посаду опікуна». Розгляну три очевидні кандидатури.

Держава здається природним варіантом, але перебуває у структурному конфлікті інтересів: вона одночасно є найбільшим розпорядником земель, отримувачем надходжень від їхнього використання та суб'єктом, що визначає

черговість демінування, тобто фактично розподіляє доступ до ресурсу. Опікун, який виграє від інтенсивної експлуатації опікуваного об'єкта, є конструкцією наперед неефективною.

Територіальні громади. Після децентралізації вони отримали повноваження у земельній сфері та безпосередньо зацікавлені в довгостроковій якості власних угідь, бо, на відміну від орендаря, не можуть перенести діяльність в інший регіон. Слабкість — нерівна інституційна спроможність і відсутність єдиного кадастру пошкоджених земель, на що справедливо вказують дослідники управління земельними відносинами воєнного часу [14].

Великі землекористувачі формально мають найбільшу експертизу й ресурс, фактично — найбільший стимул до захоплення інституту: якщо опікун ґрунту стане ще одним каналом лобіювання, конструкція обернеться проти власної мети.

Тому пропоную гібридну схему: статутний опікун ґрунтів, створений законом за зразком новозеландських рад, із наглядовим органом, де представлені органи влади, делегати територіальних громад і наукові установи, з обов'язковою публічністю рішень і процесуальною можливістю для будь-якого мешканця громади подати позов від імені ґрунтової екосистеми — за логікою, вже випробуваною в модельній нормі [6]. Такий орган має бути зв'язаний із реєстром пошкоджених земель і даними моніторингу, інакше він ухвалюватиме рішення в інформаційному вакуумі.

5. Ризики.

Було б нечесно подавати цю конструкцію як безпроблемну. Перший ризик — символічне законодавство: норму ухвалено, інститут не працює, а порядок денний вважається закритим. Другий — захоплення інституту, про яке сказано вище. Третій і найменш очевидний — ризик легітимації: наявність опікуна може створити хибне відчуття, що ґрунт уже захищений, і послабити загальний екологічний контроль. Кожен із них потребує вбудованих запобіжників: від обов'язкової щорічної публічної звітності до заборони суміщення посад в опікунському органі з інтересами в агробізнесі.

Висновки

Проведений аналіз дозволяє сформулювати чотири положення. По-перше, питання про правосуб'єктність ґрунту доцільно перевести з онтологічної площини («чи є ґрунт суб'єктом») у площину політичного представництва («хто уповноважений діяти в його інтересах»); критика прямої правосуб'єктності природи при цьому не заперечує конструкцію, а лише уточнює її справжню природу — інституційну, а не метафізичну. По-друге, український випадок є специфічним не через масштаб воєнної шкоди, а через невідновлюваність чорнозему на людському часовому масштабі, що робить компенсаційну логіку недостатньою за визначенням. По-третє, з трьох наявних моделей для України придатна не конституціоналізація прав ґрунту, а договірно-опікунська техніка новозеландського типу, оскільки вона створює конкретного відповідального суб'єкта і не вступає у прямий конфлікт із конституційним захистом власності.

По-четверте, головним політичним ризиком є захоплення інституту опікуна великими землекористувачами, тому ключовим елементом дизайну стає не декларація прав, а порядок формування наглядового органу.

Перспективу подальших досліджень бачу в емпіричній перевірці спроможності територіальних громад виконувати опікунську функцію, а також в аналізі черговості демінування як механізму політичного розподілу дефіцитного публічного блага — сюжету, який в українській політичній науці досі не описаний.

Список використаних джерел

1. Антонова О., Хаджирадєва С. Забезпечення прав людини і природи як чинник повернення українців на батьківщину: конституційні гарантії та міжнародні стандарти. Публічне управління та соціальна політика. 2024. № 2(2). С. 467–476. DOI: https://doi.org/10.52058/3041-1793-2024-2(2)-467-476.
2. Балюк С., Кучер А. Національне багатство України — чорноземи — під загрозою. Голос України. 2022. 2 груд. URL: https://www.golos.com.ua/article/366511.
3. Stone C. D. Should trees have standing? Toward legal rights for natural objects. Southern California Law Review. 1972. Vol. 45. P. 450–501.
4. Lal R. Rights-of-soil. Journal of Soil and Water Conservation. 2019. Vol. 74, No. 4. P. 81A–86A. DOI: https://doi.org/10.2489/jswc.74.4.81a.
5. Lal R. Soil law: protection and restoration of the finite resource. Cham: Springer, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-032-03251-5_1.
6. Rights of soil: model ordinance. Center for Democratic and Environmental Rights. URL: https://www.centerforenvironmentalrights.org/rights-of-soil.
7. Kurki V. A. J. Can nature hold rights? It's not as easy as you think. Transnational Environmental Law. 2022. Vol. 11, No. 3. P. 525–552.
8. What if the Black Forest owned itself? A constitutional property law perspective on rights of nature. Transnational Environmental Law. 2022. Vol. 11, No. 3. P. 587–612.
9. Пугач А. О. Між антропоцентризмом та екоцентризмом: доктринальні підходи до криміналізації екоциду на міжнародному рівні. Аналітично-порівняльне правознавство. 2025. URL: https://journal-app.uzhnu.edu.ua/article/view/347092.
10. Чечерський В. І. Екоцид: проблемні питання визначення та кваліфікації. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право. 2025. URL: https://visnyk-pravo.uzhnu.edu.ua/article/view/336313.
11. Ленгер Я., Ревуцька І. Е. Екосистемна функція лісів як елемент сталого розвитку: порівняльно-правовий аналіз. 2026. DOI: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-2(56)-165-178.
12. Вплив війни на сільськогосподарські землі: дослідження ґрунтів Чернігівської, Сумської та Харківської областей. UWEC Work Group, 2024. URL:

https://uwecworkgroup.info/uk/seeds-of-metal-how-war-is-polluting-ukraines-farmland-and-threatening-food-security/.
13. Війна в Україні знищує ґрунти — як врятувати мертві землі. SuperAgronom. 2022. 8 груд. URL: https://superagronom.com/blog/925.
14. Пунда О. Державне управління у сфері земельних відносин в умовах війни. 2026. DOI: https://doi.org/10.52058/2786-6300-2026-1(43)-1030-1041.
15. Кримінальний кодекс України: Закон України від 05.04.2001 № 2341-III, ст. 441. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14.
16. Te Urewera Act 2014 (New Zealand). URL: https://www.legislation.govt.nz.
17. Te Awa Tupua (Whanganui River Claims Settlement) Act 2017 (New Zealand). URL: https://www.legislation.govt.nz.
18. Constitución de la República del Ecuador. 2008. Arts. 71–74.

Section: Physical and Mathematical Sciences

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.012.326-337

THE ROLE OF CRYOVOLCANISM IN THE FORMATION OF THE SURFACE OF NEPTUNE'S MOON TRITON.

Vidmachenko Anatoliy Petrovych
Doctor Phys.-Math. Sci., Professor
Department of Physics
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Abstract. Triton, Neptune's largest moon, has a retrograde and highly inclined orbit, tilted at an angle of approximately 157° relative to Neptune's equator. It is believed that Triton was once a large binary object in the Kuiper Belt and was gravitationally captured by Neptune during the early evolution of the Solar System. Images of Triton obtained during the "Voyager 2" flyby in 1989 revealed a geologically young, complex, and morphologically diverse surface, showing signs of active cryovolcanism and active geysers. Triton's average density of 2.06 g/cm³ directly indicates a high content of heavy rocky material, whereas water ice and other volatiles account for only 30–35% of its mass. Unlike the ancient, heavily cratered surfaces of Saturn's or Jupiter's moons, Triton's surface appears virtually "pristine," with an average age of less than 100 million years. This points to a global surface-renewal process occurring over short geological timescales. Due to its synchronous rotation with Neptune, Triton's leading hemisphere always faces forward along its orbital path. This significantly increases the frequency and energy of meteoroid impacts on the leading side. The complete absence of craters on the leading hemisphere can be explained by active endogenous processes that continuously erase surface features. Massive cryovolcanic flows of liquid brines and the sublimation-driven transport of volatiles operate globally, rapidly filling fresh impact depressions and completely renewing the icy crust. Tidal evolution is the primary source of Triton's internal energy. Triton underwent a phase of global melting of its water mantle. This facilitated the satellite's rapid gravitational differentiation, resulting in the formation of a dense rocky-metallic core and a primordial global water ocean beneath a relatively thin icy crust. The existence of a subsurface liquid ocean on Triton is a key factor driving prolonged and diverse cryovolcanic activity. Cryovolcanism plays a dominant role in the formation and evolution of the surface of Neptune's satellite, Triton. Triton remains a crucial object for understanding the evolution of icy worlds in the Solar System, combining the physical characteristics of Kuiper Belt dwarf planets with the dynamics of ocean-bearing satellites orbiting giant planets.

Keywords: Triton, active cryovolcanism, surface evolution, tidal evolution, active endogenous processes.

Introduction. Triton, Neptune's largest moon – discovered by William Lassell in October 1846 – is a physically anomalous object within the Solar System. It possesses a retrograde and highly inclined orbit, circling Neptune in the direction opposite to the planet's axial rotation, with an orbital inclination of approximately 157° relative to Neptune's equator [35]. Such orbital parameters indicate that Triton did not form within Neptune's circumplanetary gas-and-dust disk. It is currently believed that Triton was once part of a large binary object in the Kuiper Belt, similar to the Pluto-Charon system [2, 26, 28], and was gravitationally captured by Neptune during the early stages of the Solar System's evolution. Upon the disruption of the binary system during a close encounter with the gas giant [1, 6, 11, 23], one component was ejected into interplanetary space, while Triton transitioned into a closed circumplanetary orbit.

Images of Triton obtained during the “Voyager 2” spacecraft's flyby of Neptune in 1989 [13] revealed a geologically young, complex, and morphologically diverse surface, showing signs of active cryovolcanism and active geysers [34]. In these cryovolcanic eruptions, the "lava" consists not of silicate magma, but of low-temperature liquid or plastic volatile mixtures – specifically water-ammonia solutions, nitrogen, and methane. They are the primary geological force significantly reshaping Triton's entire landscape.

General overview and surface age. As the largest of Neptune's satellites, Triton accounts for over 99.5% of the total mass orbiting this gas giant. The satellite is spherical, with an average diameter of approximately 2,706 km. Despite its great distance from the Sun, Triton has an average density of 2.059–2.061 g/cm³ – an anomalously high figure for icy bodies in the outer Solar System. This density indicates a high content of heavy rocky material (silicates and metals), comprising 65% to 70% of the satellite's total mass, whereas water ice and other volatiles account for only 30–35%. This high rock-to-ice ratio implies the existence of a massive, differentiated silicate core with a radius of up to 1,000 km, encased in a metallic sub-core structure and a substantial water mantle and ice crust with a combined thickness of up to 350–400 km. The large rocky core contains significant primordial reserves of radioactive elements; their steady decay provides a continuous supply of geothermal heat to the base of the satellite's icy hydrosphere.

Table 1 – Comparison of physical parameters: Triton vs. the Moon

Physical parameters of Triton	Value	Comparison with Earth's Moon
Diameter	2706.8 km	0.78 of the Moon's diameter
Mass	2.14×10^{22} kg	0.29 of the Moon's mass
Mean density	2.061 g/cm^3	0.62 of the Moon's density
Surface gravity	0.78 m/s^2	0.48 of the Moon's gravity
Albedo (geometric)	0.76	6 times higher than the Moon's
Surface temperature	38 K	Much colder

One of the most striking discoveries in planetary science in the late 20th century was the remarkably low density of impact craters [3–5, 21] on Triton. Unlike the ancient surfaces of Saturn’s or Jupiter’s moons [10, 12, 20, 22] – pockmarked by craters

resulting from billions of years of collisions – Triton's surface appears virtually "pristine." A detailed review and digital processing of "Voyager 2" images, conducted in [17], revealed only about a hundred impact craters larger than 5 km in diameter across the entire surveyed area.

These counts established that the moon's average surface age is less than 100 million years, while for most geological provinces (such as smooth plains and "cantaloupe terrain"), it ranges from 6 to 10 million years. Triton possesses one of the youngest surfaces in the Solar System. Such dynamic youthfulness points to a continuous, global surface-renewal process (resurfacing) capable of completely erasing traces of meteoritic bombardment over short geological timescales.

Reasons for the surface's young age. To determine the causes of this striking scarcity of impact craters on Triton, it is necessary to analyze in detail their spatial distribution and the nature of the bombardment sources. Mapping of Triton has revealed a unique pattern: virtually all reliably identified impact craters larger than 5 km in diameter are located on the satellite's leading hemisphere, whereas the trailing hemisphere is almost entirely devoid of them. Triton is tidally locked to Neptune – meaning it always presents the same face to the planet, and its axial rotation period exactly matches its orbital period (5.877 days). Consequently, the leading hemisphere always faces the direction of the satellite's orbital motion. Moving along a retrograde orbit against the flow of surrounding circumplanetary and interplanetary material, Triton collides with meteoroids on head-on trajectories, which vastly increases the frequency and energy of impacts on the leading side. Planetary scientists distinguish two populations of potential impactors that formed Triton's craters:

Heliocentric impactors – comets from the Kuiper Belt and scattered disc that orbit the Sun. However, theoretical models of cometary bombardment predict a significantly lower level of hemispheric asymmetry than what is actually observed.

Planetocentric impactors – fragments of icy bodies that orbited Neptune on retrograde paths. When Triton was captured into its retrograde orbit, it began to literally plow through the planet's original satellite system. Gravitational perturbations triggered massive collisions between the primordial moons, shattering them into billions of small fragments. Moving in the opposite direction, Triton collided head-on with this swarm of debris. This resulted in a catastrophic bombardment of the leading hemisphere, which ceased entirely once the satellite's orbit had cleared the surrounding space. If the majority of small craters on the leading hemisphere are planetocentric in origin and formed during or shortly after the capture era (billions of years ago), a profound scientific contradiction arises. Any heliocentric comets striking Triton over the subsequent 4 billion years would have left a more uniform distribution of impact marks across the satellite, including its trailing hemisphere. The complete absence of craters on the trailing hemisphere and in the "cantaloupe terrain" (where an upper age limit of just 6 million years has been determined) can be explained by only one factor: active endogenous processes that continuously erase surface features. Massive cryovolcanic eruptions of liquid brines and the sublimation-driven transport of volatiles act as a global leveling mechanism, rapidly filling fresh impact depressions

and completely renewing the icy crust. Thus, the youthful age of the surface directly indicates that Triton is a tectonically and volcanically active world, with internal processes that persist to this day. The mechanism of tidal heating: identifying an internal energy source capable of sustaining geological activity on Triton over billions of years is a fundamental challenge in geophysics. As Triton is a relatively small icy body, its primordial radioactive heat and the heat from core differentiation should have fully dissipated into space within the first 1.5 – 2 billion years after its formation, leading to the complete freezing of its interior and the cessation of any volcanism. The primary source of Triton's immense internal energy is its catastrophic tidal evolution. Upon its gravitational capture by Neptune, Triton was placed in a highly elongated, eccentric orbit with an eccentricity of $e > 0.9$ and significant inclination. While moving along this trajectory, the satellite experienced immense gravitational compression during each approach to Neptune (at pericenter), which rapidly diminished as it receded toward apocenter. These constant cyclic deformations generated powerful internal friction within the satellite's interior – a process known as tidal dissipation [15]. The rate of heat dissipation due to tidal friction is described by the classical equation for the rate of energy generation:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{21}{2}\frac{k_2}{Q}\frac{GM_p^2 R_s^5 n e^2}{a^6}$$

Where:

G – gravitational constant;

M_p – mass of the planet (Neptune);

R_s – radius of the satellite (Triton);

n – mean orbital angular velocity (mean motion);

e – orbital eccentricity;

a – semi-major axis of the orbit;

k_2 – Love number of the second kind, characterizing the elasticity and deformability of the body under the influence of the tidal potential;

Q – dimensionless mechanical quality factor (a dissipative parameter of the interior, inversely proportional to the energy lost during a single deformation cycle).

Since the semi-major axis “a” was relatively small and the eccentricity “e” extremely high during the initial period, the rate of energy release within Triton's interior was colossal. Calculations show that the tidal power at this stage exceeded the current heating power of Io (which is approximately 10^{14} W) by several orders of magnitude. Such an intense heat flux led to the following global geophysical consequences:

Complete melting of the interior: Triton underwent a phase of global melting of its water mantle. This facilitated rapid gravitational differentiation of the satellite, resulting in the formation of a dense rocky-metallic core and a primordial global water ocean beneath a relatively thin ice crust.

Rapid orbital circularization: The mechanical energy of the satellite's orbital motion was continuously consumed in heating its interior. This led to a rapid decay of

the orbital eccentricity. Triton's orbit became nearly perfectly circular ($e \approx 0.000016$) within a relatively short time (ranging from a few tens of millions to a few hundred million years after capture).

As the eccentricity decayed to zero, classical tidal heating ceased entirely. However, heat accumulated in the interior was slowly released over subsequent epochs, and the satellite's current activity is sustained by a different tidal mechanism.

Source of geological activity. Since Triton's orbit is now circular, eccentricity tides can no longer generate energy for its interior. Yet, Triton continues to exhibit intense cryovolcanism, which requires a constant influx of energy. The current source of Triton's geological activity is tides arising from the significant tilt of its rotation axis relative to its orbital plane.

Triton's orbit is inclined at an angle of 157° to Neptune's equator. Due to Neptune's significant oblateness, constant gravitational torques act on the satellite's orbit, causing it to precess with a period of tens of millions of years. This rapid precession prevents Triton's rotation axis from fully aligning perpendicular to its orbital plane. Consequently, the satellite maintains a non-zero axial tilt relative to the perpendicular to its orbit. Even with very small values of this retrograde orbital tilt ($\theta \approx 0.35° – 0.7°$), the motion causes continuous latitudinal oscillations of the tidal bulge.

This tidal mechanism generates constant internal heat. Physical models indicate that tidal dissipation associated with the rotation axis's oscillation produces a steady heating power of approximately 0.3 terawatts (3×10^{11} W). Unlike radiogenic heat, which is released uniformly within the rocky core, the heat generated by rotational axis oscillation is concentrated directly in the deepest, warmest, and most ductile layers of the satellite's icy crust. This heat acts as a powerful thermodynamic blanket at the base of the ice shell, significantly slowing its freezing and preventing the complete crystallization of the subsurface ocean.

Calculations of the heat flux at Triton's surface, based on modeling the viscous relaxation of topographic features [18], indicate that the current heat flux ranges from 10 to 100 mW/m². This value is remarkably high for a body of such small size and is fully comparable to the heat flux of the satellite Europa (50 mW/m²). By comparison, Pluto [15, 18, 33] – which shares similar dimensions, mass, and primordial chemical composition with Triton – does not undergo significant tidal heating; its orbit around the Sun is heliocentric, and its system with Charon long ago evolved tidally to reach zero eccentricity and zero axial tilt. Consequently, Pluto has retained extremely pronounced topography, with elevation differences of up to 6 kilometers (featuring massive water-ice mountains such as **Tenzing Montes** and **Hillary Montes**) [24]. In contrast, Triton – subjected to continuous internal tidal heating and surface renewal (resurfacing) – is an exceptionally flat planetary body; elevation differences on its surface nowhere exceed 1 kilometer.

Cryovolcanic eruptions on Triton. During the “Voyager 2” flyby in August 1989, one of the most sensational discoveries was the detection of active, geyser-like eruptions in Triton's south polar region, which was then experiencing a long polar

summer. At least four active plumes were recorded, two of which were officially named **Hili** and **Mahilani**.

These icy geysers exhibit unique dynamics:

Vertical ascent: Thin, dark columns of dust and gas rise strictly vertically to an altitude of approximately 8 kilometers. Such a significant rise height in Triton's tenuous atmosphere indicates a high initial gas exit velocity from the vent, estimated at 150 m/s (about 540 km/h).

Horizontal shift: At an altitude of 8 km – where the density of Triton's atmosphere matches that of the erupted gas – the columns abruptly change direction by 90° and expand, forming long horizontal clouds. These stretch for distances exceeding 150–300 kilometers, following the prevailing winds of the moon's tenuous troposphere, which blow westward at approximately 18 km/h.

Dark streaks of ejecta: Across the south polar cap, “Voyager 2” recorded over 120 dark, fan-shaped streaks oriented strictly parallel to the horizontal geyser plumes. They are deposits of fine-grained dark material (organic tholins and methane dust) brought up from the depths by geysers and deposited onto white nitrogen ice.

Two competing theoretical models have been developed to explain the physical nature of Triton's icy geysers:

The solid-state solar greenhouse model (exogenous model). This model is based on the unique optical properties of the nitrogen ice covering Triton's south polar cap. This ice is highly transparent in the visible spectrum. Weak solar radiation passes unimpeded through the transparent surface nitrogen layer – which is several meters thick – and is absorbed by the dark organic substrate (enriched with tholins and methane dust) lying beneath it. The dark underlying layer heats up.

Since nitrogen ice has a very low sublimation temperature, even a slight temperature rises of just 4 K (from an average surface temperature of 37 K to 41 K) triggers the explosive sublimation of nitrogen directly beneath the ice shell. The pressurized gaseous nitrogen generates immense mechanical stress, eventually rupturing the surface ice crust. Gas erupts into the atmosphere at high speed, carrying dark dust particles from the substrate along with it.

The endogenous cryovolcanic model (basal heating). Proponents of the endogenous model point out that solar energy at a distance of 30 AU from the Sun is insufficient to consistently sustain powerful eruptions over long periods. They propose a model of basal heating of volatile ices driven by Triton's internal heat flux.

According to this theory, heat flux from a subsurface ocean and convection within the water-ice crust create local "hot spots" directly beneath the polar nitrogen cap. This basal endogenous heat causes the melting and sublimation of nitrogen at the base of the ice sheet, forming subsurface reservoirs of highly pressurized gas. Periodic rupturing of these reservoirs to the surface creates active plumes that operate independently of solar illumination or the season. Furthermore, these endogenous plumes may consist primarily of a water-ammonia mixture that rapidly degasses upon release into Triton's extreme vacuum.

Maintenance of a liquid ocean and geological activity on the satellite's surface. The existence of a subsurface liquid ocean [7, 9, 16] on Triton is a key factor enabling prolonged and diverse cryovolcanic activity [29–31]. Current geodynamic models indicate that the liquid zone on Triton is located at a depth of approximately 100–150 km beneath the icy crust. The primary physicochemical factor preventing this ocean from freezing amidst the extreme polar cold is the presence of ammonia (NH_3) within the satellite's interior.

Ammonia is an extremely common volatile compound in the outer Solar System [37–42, 44, 45]. During Triton's gravitational differentiation following its capture by Neptune, ammonia – together with water ice – formed a substantial liquid layer. Ammonia acts as a potent chemical antifreeze. Pure water ice melts at 273 K; however, the addition of ammonia radically alters the mixture's phase diagram. Upon reaching the eutectic ammonia concentration (approximately 33%), the freezing point of the water-ammonia solution drops to 176 K. This allows the subsurface ocean to remain in a liquid state even with a low internal heat flux.

The process of maintaining the ocean and transporting cryomagma to the surface is described by the following model of melt extrusion within an ammonia-water ice crust:

Fractional freezing: As Triton slowly loses heat through its surface, its ice crust thickens. Fractional crystallization occurs as the subsurface ocean freezes: pure water ice crystallizes out of the solution and accretes onto the crust from below, while ammonia is rejected into the residual liquid ocean. This leads to a steady increase in the ammonia concentration within the liquid phase, progressively lowering its freezing point and halting further freezing, thereby stabilizing the ocean at a final depth.

Zoning of eutectic melts: If the rate of ocean freezing and ice crust accretion exceeds the rate of deformation and compression of the solid ice framework, highly concentrated water-ammonia eutectic melts cannot be fully squeezed downward and instead freeze directly within the crust. This leads to the formation of lenses and reservoirs of water-ammonia ice in the upper 5–10 kilometers of the satellite's lithosphere. Upon the onset of tectonic stresses or localized tidal heating, these eutectic pockets are the first to melt, creating centers of cryovolcanic activity near the surface.

Gravitational expulsion: Water-ammonia melts have a lower density than the pure water ice of the crust. This density difference generates positive buoyancy, forcing the liquid cryomagma to rise through tectonic cracks and faults under lithostatic pressure and erupt onto the surface.

Dynamic ice landscape. Triton's surface relief is constantly shaped by extreme seasonal changes [8, 19, 25] resulting from its long and complex orbital motion around the Sun. A year on Neptune lasts 164.8 Earth years. The tilt of Triton's rotation axis relative to its orbital plane undergoes significant periodic fluctuations driven by the gravitational pull of Neptune and the Sun, creating a long-term climatic and precessional cycle lasting 688 Earth years.

This long cycle drives a massive redistribution of volatile substances across the moon's surface. Triton is covered by a thin blanket of nitrogen, methane, and carbon

monoxide ices. When one of Triton's poles enters a phase of prolonged summer solstice (with polar insolation reaching a maximum once every millennium), the temperature there rises just a few degrees above the average of 36.5 K. However, due to nitrogen's extreme volatility, this warming is sufficient to trigger a runaway sublimation of nitrogen ice. The nitrogen transitions into the gas phase, causing a local increase in atmospheric pressure (to 14–20 microbars).

The resulting gas is transported by winds within the tenuous atmosphere to the night side and the opposite, winter pole, where "cold trap" conditions prevail. There, the nitrogen deposits again as fresh, highly reflective frost. This continuous process of seasonal sublimation and condensation creates a dynamic and ever-changing landscape. Observations by the Hubble Space Telescope in 2005 revealed significant changes in the distribution of Triton's brightness and color compared to data from “Voyager 2” (1989), directly demonstrating active, real-time seasonal transport of volatile substances [32, 36].

In addition to atmospheric transport, other unique dynamic phenomena have been observed on Triton:

Plastic flow of nitrogen glaciers: In low-lying areas and along the polar cap, the thickness of nitrogen ice can reach hundreds of meters. At Triton's temperatures, nitrogen ice behaves like a plastic fluid capable of flowing slowly under the influence of gravity. “Voyager 2” images clearly reveal structures analogous to terrestrial water-ice glaciers: flow lobes, moraine-like ridges, and long fluvial channels carved into the solid water-ice crust.

Double-ridge tectonics: Stresses within the satellite's icy shell, caused by tides and seasonal temperature fluctuations [14, 27, 43], lead to the formation of long linear fractures. These appear as long double ridges with a central trough, closely resembling the lineaments found on Europa. Their formation is attributed to the periodic opening and closing of fissures driven by tidal forces, accompanied by the extrusion of plastic water ice from depth.

Conclusions. Cryovolcanism plays a dominant role in the formation and evolution of the surface of Neptune's satellite, Triton. This process completely reshaped the primordial crust of the captured Kuiper Belt object, transforming it into one of the youngest and most active worlds in the Solar System. Current understanding of Triton's geology allows for the following key generalizations.

Extreme tidal heating, triggered by Triton's capture into a retrograde orbit, led to the initial global melting and differentiation of the satellite. Today, geological activity and the subsurface ocean are sustained by unique tidal forces – driven by fluctuations in the axis of rotation – that generate sufficient heat flow within the lower ice crust.

The presence of ammonia is critical for the existence of a liquid subsurface ocean. Ammonia acts as an antifreeze, lowering the freezing point to 176 K and making cryolava flows less viscous and more fluid; this explains the formation of vast, flat plains such as **Cipango Planum**.

Diapirism within the layered ice crust, driven by Rayleigh-Taylor instability, is responsible for the formation of the so-called "cantaloupe terrain" in **Bubembe Regio**.

Cryovolcanic calderas, such as **Leviathan Patera**, reveal a complex, multi-stage history involving the formation of domes and radial fractures.

Data from the James Webb Space Telescope have revealed an unprecedented richness in Triton's chemical composition. The detection of over 20 CO_2 absorption bands, methane photolysis products (ethane, acetylene), and an atmosphere rich in fluorescent carbon monoxide confirms complex organic synthesis on the moon's surface and active interaction between its interior, surface, and atmosphere.

Triton remains a key object for understanding the evolution of icy worlds in the Solar System, combining the physical characteristics of Kuiper Belt dwarf planets with the dynamics of ocean-bearing moons orbiting giant planets. Further study of this unique world through planned space missions (such as “Trident” or “Neptune Odyssey”) is a crucial task for unraveling the mysteries of planetary evolution and searching for potentially habitable environments beyond the classical habitable zone.

References

1. Agnor C.B., Hamilton D.P. (2006) Neptune's capture of its moon Triton in a binary-planet gravitational encounter. Nature. 441(7090), p. 192–194. https://doi.org/10.1038/nature04792
2. Bertrand T., Forget F., Lellouch E., Pilorz S. (2024) How obliquity has differently shaped Pluto's and Triton's landscapes and climates. Proceedings of the National Academy of Sciences, 121(15), e2408226121. https://doi.org/10.1073/pnas.2408226121
3. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2015) Observations of fragment of cometary nuclei in the atmosphere over Kiev. Astronomical School’s Report. 11(2), p. 99-102.
4. Churyumov K.I., Steklov A.F., Vidmachenko A.P., Dashkiev G.N. (2016) Several twilight bolides over Kiev in 2013-2015 - fragments of comets nuclei. International conference Meteoroids 2016, at the European Space Research and Technology Centre (ESTEC) in Noordwijk, the Netherlands from 6-10 June 2016. Poster 63.
5. Churyumov K.I., Steklov O.F., Vidmachenko A.P., Steklov E.A. (2014) Traces on sky: the classification and the results of regular observations of twilight fireballs. Astronomical School’s Report. 10 (1), p. 37-42.
6. Ćuk M., Gladman B.J. (2005) Constraints on the history of the Neptunian satellite system. The Astrophysical Journal. 626(2), p. L113–L116. https://doi.org/10.1086/431743
7. Gaeman J., Hier-Majumder S., Roberts J.H. (2012) Sustainability of a subsurface ocean within Triton's interior. Icarus. 220(2), o. 339–347. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.05.006
8. Grundy W.M., Young L.A. (2004) Near-infrared spectroscopy of Triton: Seasonal and rotational variations. Icarus. 172(2), 455–478. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2004.07.013
9. Hussmann H., Sohl F., Spohn T. (2006) Subsurface oceans and deep interiors of medium-sized outer planet satellites and large trans-neptunian objects. Icarus. 185(1), p. 258-273. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2006.06.005

10. Klyanchin A.I., Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V., et al. (2011) The asymmetry of the reflective properties of hemispheres of the Jovian satellite Europa. 13 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May 12–14, 2011. The program and abstracts. Chernigiv, Ukraine. – P. 29-30.
11. Krushevska V.M., Benedichuk T.B., Vid'machenco A.P. (2003) Variations of brightness temperatures of Uranus and Neptune. Astronomical School's Report. 4(2), p. 77-82.
12. Kuznyetsova Y., Vidmachenko A., Krushevska V., et al. (2016) Spectral peculiarities of major Jovian satellites. International Conference "Astronomy and Space Physics in Kyiv University". May 24-27, 2016. Book of abstracts. Kyiv, Ukraine. P. 63.
13. Kuznyetsova Yu., Vidmachenko A., Matsiaka O., et al. (2015) Researches of Long-Term Variations in Uranus and Neptune Spectra. Odessa Astronomical Publications. 28(2), p. 285-288.
14. Marques-Oliveira J., Sicardy B., Gomes-Júnior A.R., et al. (2022) Constraints on the structure and seasonal variations of Triton's atmosphere from the 5 October 2017 stellar occultation and previous observations. Astronomy & Astrophysics. 659, A136. https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141443
15. Nimmo F., Spencer J.R. (2015) Powering Triton's recent geological activity by obliquity tides: Implications for Pluto geology. Icarus. 246, p. 2-10. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2014.01.044
16. Saur J., Duling S., Schilling N., Steinbrügge G. (2024) Sounding Triton's interior ocean with electromagnetic induction at the orbital period of Torb = 141 hours. Philosophical Transactions of the Royal Society A. 382(2268), 20240087. https://doi.org/10.1098/rsta.2024.0087
17. Schenk P., Zahnle K. (2007) On the negligible age of the surface of Triton. Icarus. 191(1), 265–285. https://doi.org/10.1016/j.icarus.2007.07.004
18. Schenk P.M., Beddingfield C.B., Bertrand T., et al. (2021) Triton: Topography and Geology of a Probable Ocean World with Comparison to Pluto and Charon. Remote Sens. 13, 3476. https://doi.org/10.3390/rs13173476
19. Vid'Machenko A.P. (1987) The appearance of seasonal variations in Saturn's atmosphere. Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel. 3(6), p. 10-12.
20. Vid'Machenko A.P. (1991) Giant planets -Theoretical and observational aspects. Astronomicheskii Vestnik. 25 (May-June 1991), p. 277-292.
21. Vid'Machenko A.P. (1995) Settling of dust in Jupiter's atmosphere after the impact of fragments of comet Shoemaker-Levy 9. Kinematika i Fizika Nebesnykh Tel. 11 (4), p. 21-24.
22. Vid'Machenko A.P., Morozhenko A.V., Klyanchin A. (2011) Features of morphology and geology of surface of Jupiter satellite Europe. Features of morphology and geology of surface of Jupiter satellite Europe. Astronomical School's Report. 7(1), p. 117-132.
23. Vidmachenko A.P. (2008) Atmospheres of giant planets. Astronomical School's report. 4(2), p. 92-103.

24. Vidmachenko A.P. (2015) Dwarf planets (to the 10th anniversary of the introduction of the new class of planets). Astronomical almanac. 62, p. 228-249.
25. Vidmachenko A.P. (2015) Seasons on Saturn. 1. Changes in reflecting characteristics of the atmosphere at 1964-2012. Astronomical School's Report. 11(1), p. 1-14.
26. Vidmachenko A.P. (2016) Features of surface topography and the geological activity of Pluto. 18 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, the program and abstracts. National Aviation University, Kyiv, Ukraine, May 26-27, 2016. P. 12-14.
27. Vidmachenko A.P. (2016) Seasonal Changes on Jupiter: 2. Influence of the Planet Exposure to the Sun. Kinematics and Physics of Celestial Bodies. 32(6), p. 283-293.
28. Vidmachenko A.P. (2016) The floating ices on the surface of Pluto. 18 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, the program and abstracts. National Aviation Universty, Kyiv, Ukraine, May 26-27, 2016. P. 10-12.
29. Vidmachenko A.P. (2018) Comparative features of volcanoes on Solar system bodies. 20 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists. May 23–24 2018. The program and abstracts. Uman, Ukraine, p. 9-12.
30. Vidmachenko A.P. (2018) Features of volcanic activity on various bodies of the Solar system. Materials of the International Scientific and Practical Conference "The Objectives of the Sustainable Development of the Third Millennium: Challenges for Universities of Life Sciences", vol. 5, May 23-25, 2018, Kyiv, p.41-42.
31. Vidmachenko A.P. (2018) Features of volcanoes on different Solar system bodies. Astronomical School's Report. 14(1), p. 1-14.
32. Vidmachenko A.P. (2022) Features of seasonal changes on Pluto. Proceedings of the 8th International scientific and practical conference. Science, innovations and education: problems and prospects. (March 9-11, 2022). Chapter 17. CPN Publishing Group. Tokyo, Japan. P. 108-116.
33. Vidmachenko A.P. (2025) The history of the discovery and study of Pluto's atmosphere. Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference «Innovative scientific research», January 02-03, 2025, Toronto. Canada. 32 p. P. 4-8. ISBN 978-92-44514-35-1. DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.14610032
34. Vidmachenko A.P. (2026) Geophysical, gravitational, and magnetic data on Neptune's moon Triton. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference "Global Directions in Scientific Research and Technological Development" (September 7-9, 2026, Valencia, Spain). European Open Science Space. P. 238-248.
35. Vidmachenko A.P. (2026) Main astronomical, orbital and physical characteristics of Neptune's moon Triton. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 9th International Scientific and Practical Conference «Modern Perspectives on Global Scientific Solutions» (August 24-26, 2026, Bergen, Norway). European Open Science Space. P. 245-255. https://doi.org/10.70286/eoss-24.08.2026.011.225-235.

36. Vidmachenko A.P. (2026) The atmosphere of Neptune's moon Triton and its seasonal changes. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference “Innovations in Science: From Theoretical Foundations to Practical Impact” (August 31 – September 2, 2026, Antwerp, Belgium). European Open Science Space. P. 299-310.
37. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V., Klyanchin A., et al. (2011) Asymmetry of reflective properties of the hemispheres of Jupiter satellite Europa. Astronomical School's Report. 7(1), p. 133-144.
38. Vidmachenko A.P., Morozhenko A.V., Klyanchyn A.I. (2011) The morphology and geology of the surface features of Jupiter's satellite Europa. 13 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, May 12–14, 2011. The program and abstracts. Chernigiv, Ukraine. - P. 15-16.
39. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2012) The study of the satellites surfaces and the rings of the giant planets, Main Astronomical Observatory NAS of Ukraine Press, Kyiv, Ltd. Dia. - 255 p.
40. Vidmachenko A.P., Morozhenko O.V. (2017) Physical characteristics of the surface of satellites and rings of giant planets. Kyiv: Editorial and publishing department of NUBiP of Ukraine. -412 p.
41. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) Active volcanism shows changes on the surface of Jupiter's Moon Io. Innovations and prospects of world science. Proceedings of the 8th International scientific and practical conference. (March 29-31, 2022). Chapter 17. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. P. 104-113.
42. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) Activity of volcanic processes on Jupiter’s Moon Io. Proceedings of IX International Scientific and Practical Conference. International scientific innovations in human life. (March 16-18, 2022). Chapter 12. Cognum Publishing House, Manchester, United Kingdom. P. 80-89.
43. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) Manifestations of seasonal changes on Saturn's moon Titan. Proceedings of the 9th International scientific and practical conference. Innovations and prospects of world science. (April 28-30, 2022). Chapter 59. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2022. P. 354-364.
44. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2022) Volcanoes on Triton among the kingdom of ice. Proceedings of the 11th International scientific and practical conference. Modern directions of scientific research development. Chapter 19. BoScience Publisher. Chicago, USA. P. 141-150.
45. Vidmachenko A.P., Steklov A.F. (2023) Physical characteristics of natural satellites of planets. Kyiv: NULES of Ukraine. – 198 p. ISBN 978-617-8351-05-2.

Section: Physical Culture and Sports

THE IMPACT OF SPORTS STATISTICS ON PERFORMANCE MANAGEMENT

Gleni Marku
MSc
Department of Budget
University of Sports Tirana, Albania

Abstract

This study examines the impact of sports statistics on performance management and explores how quantitative information can support planning, monitoring, evaluation, and decision-making in sport. Using a qualitative, literature-based methodology, the study reviews research on performance analysis, athlete monitoring, training-load management, and the use of data in team and individual sports. Particular attention is given to indicators such as physical workload, technical effectiveness, tactical actions, match outcomes, recovery, and individual progress.

Descriptive statistics, comparisons over time, correlation, regression, and composite performance indicators can help coaches and sport managers convert observations into structured information. When collected consistently and interpreted in context, these methods can identify performance trends, assess whether objectives are being achieved, and inform adjustments to training and competition strategies. Technologies such as GPS tracking, wearable sensors, video analysis, and performance-management platforms have expanded the volume and detail of available data.

The literature also highlights important limitations. Statistics may be misleading when indicators are poorly selected, data are incomplete, or contextual factors such as playing position, opposition quality, competition schedule, and athlete characteristics are ignored. Data should therefore complement, rather than replace, professional judgement and direct observation. The study concludes that sports statistics can strengthen evidence-informed performance management when supported by reliable data collection, appropriate analysis, clear communication, and ethical data governance.

Keywords: sports statistics; performance management; performance analysis; key performance indicators; training load; decision-making; sport technology

Introduction

Performance management in sport is a continuous process through which objectives are established, performance is monitored, results are evaluated, and actions are adjusted. It applies to individual athletes, teams, coaches, and sporting organisations. Although competition results remain visible measures of success, a final score alone rarely explains why a performance occurred or which changes may

improve future outcomes. Statistics provide a structured way to examine the processes and behaviours that contribute to results.

The growth of sports science and digital technologies has increased the availability of quantitative information. Coaches and analysts can assess distance covered, high-speed running, acceleration, heart-rate responses, technical actions, passing efficiency, shot quality, and other indicators. In individual sports, measurements may include split times, accuracy, movement efficiency, or consistency across attempts. These data can be compared across training sessions, matches, athletes, or phases of a season.

The value of statistics depends on the questions being asked. A team seeking to improve possession may monitor passing networks and ball retention, while a coach managing fatigue may examine training load and recovery responses. A sport manager may use attendance, athlete availability, injury-related absence, or resource-use indicators to evaluate operational performance. In each case, the objective is not simply to collect more data, but to identify information that is relevant to decisions.

The purpose of this study is to examine how sports statistics influence performance management, with particular attention to performance measurement, training planning, competition analysis, athlete development, and organisational decision-making. It also considers limitations that can arise when numerical indicators are interpreted without sufficient context.

Literature Review

Performance analysis has developed from basic recording of scores and events toward more systematic approaches that combine technical, tactical, physical, and contextual information. Hughes and Bartlett (2002) describe performance indicators as measures that help represent aspects of sporting performance and support meaningful comparisons. Their usefulness depends on the validity and reliability of the measures and on whether the selected indicators correspond to the performance objectives.

In team sports, match statistics such as shots, successful passes, turnovers, possession, defensive actions, and set-piece outcomes can help describe how a team performs. However, isolated indicators rarely explain performance fully. For example, possession percentage does not automatically demonstrate attacking effectiveness, and a high number of passes may reflect either effective control or limited penetration. Statistics therefore need to be interpreted in relation to tactical purpose, match state, opponent behaviour, and the quality of the actions recorded.

Research on performance analysis also highlights the importance of understanding the relationship between indicators and outcomes. O'Donoghue (2010) explains how performance analysis can use quantitative methods to examine patterns in sport and support evidence-based practice. Comparisons across matches or athletes can reveal recurring strengths and weaknesses, while analysis of trends may help distinguish a one-off result from a more stable pattern.

A second major area concerns training-load monitoring. Training load is commonly considered through external measures, such as distance, speed, repetitions, or mechanical work, and internal responses, such as heart rate or perceived exertion.

Impellizzeri, Marcora, and Coutts (2019) discuss conceptual and methodological issues in the use of training-load measures and emphasise the need to interpret them according to their intended purpose. No single indicator provides a complete account of an athlete's response to training.

Wearable technology and tracking systems have expanded the capacity to collect data during training and competition. GPS and local-positioning systems can estimate movement demands, while video systems support the analysis of technical and tactical behaviour. Such technologies can improve the detail and timeliness of feedback, but measurement error, differences between devices, and inconsistent protocols may affect comparisons. Data quality and standardised procedures are therefore central to sound performance management.

The literature also suggests that effective performance management is not purely technical. Statistics must be communicated in a form that coaches and athletes can understand and use. A dashboard containing many indicators may be less useful than a small set of carefully selected measures linked to specific objectives. Quantitative evidence is most informative when combined with coaching knowledge, athlete feedback, and an understanding of the competitive environment.

Statistical Methods in Sports Performance Management

Descriptive statistics

Descriptive statistics summarise the characteristics of collected data. Means, medians, ranges, percentages, and standard deviations can describe an athlete's typical performance and the degree of variation across sessions or competitions. For example, a coach may monitor average sprint time, shooting accuracy, successful serves, or the number of high-intensity actions. Repeated measurements can show whether performance is improving, stable, or becoming more variable.

Comparative analysis

Comparative methods examine differences between athletes, teams, training programmes, or periods. Depending on the data and research design, comparisons may use percentage changes, confidence intervals, t-tests, or analysis of variance. Comparisons should account for differences in position, playing time, competition level, and other relevant conditions. A numerical difference should not automatically be treated as practically important without considering its size and context.

Correlation and regression

Correlation analysis examines whether variables change together, such as the relationship between training load and perceived fatigue or between shot location and scoring outcomes. Regression models can estimate associations between several factors and a performance measure. These methods may support forecasting and planning, but association does not prove causation. Conclusions must reflect the study design, sample size, data quality, and uncertainty in the estimates.

Key performance indicators and composite measures

Key performance indicators (KPIs) translate broad goals into measurable criteria. Examples include passing accuracy, successful tackles, time to complete a task, athlete availability, or consistency of execution. Composite indices may combine several

measures into a single profile, but the selection and weighting of indicators should be transparent. Overly complex scores can hide meaningful differences or create a false impression of precision.

The appropriate method depends on the management question, the type of sport, the level of competition, the available sample, and the reliability of the measurements. Statistical significance should also be distinguished from practical significance: a small difference may be statistically detectable but have limited importance for performance.

Applications of Sports Statistics in Performance Management

Performance evaluation

Statistics support systematic evaluation by replacing vague impressions with clearly defined observations. Coaches can compare actual performance with agreed targets and review progress over time. In team sports, indicators may describe attacking efficiency, defensive organisation, transitions, or set-piece performance. In individual sports, measures may include times, distances, accuracy, consistency, or technical execution. Evaluation becomes more useful when indicators are linked to specific goals rather than selected simply because they are easy to record.

Training planning and workload management

Training data can help staff understand the demands placed on athletes and adapt programmes to their responses. External-load measures may be reviewed alongside internal-load indicators, perceived exertion, wellness reports, and recovery information. When patterns suggest that workload is not producing the intended response, coaches can review intensity, volume, rest, or exercise selection. Statistics cannot predict every injury or guarantee prevention; their role is to inform monitoring and prompt appropriate professional assessment.

Competition and tactical analysis

Match statistics can identify recurring patterns in a team's performance. Analysts may examine where possession is lost, which attacking sequences lead to chances, how opponents exploit space, or how performance changes after substitutions. Video analysis can provide the context behind the numbers by showing the decisions and movements that produced an event. Combining event data with video helps prevent the misinterpretation of isolated counts.

Individual development and feedback

Athletes differ in their strengths, needs, and rates of development. Individual performance profiles can help staff set specific goals and track changes over time. Feedback may be more effective when it focuses on a manageable number of relevant indicators and explains how the athlete can act on them. Statistical comparisons should be used carefully where athletes differ in age, experience, role, or opportunity to participate.

Management and organisational decisions

Sports statistics can also inform decisions beyond the training field. Clubs and sporting institutions may monitor athlete availability, participation, programme delivery, use of facilities, and the relationship between resources and performance objectives. Such information can support planning and accountability, provided that

operational indicators are not confused with sporting quality. Data collection should be proportionate to the decision being made and should respect privacy and access controls.

Results and Discussion

The literature reviewed for this study indicates that sports statistics can strengthen performance management by making objectives measurable and allowing progress to be examined systematically. Descriptive statistics provide a baseline, comparisons identify differences across periods or groups, and correlation or regression methods can explore relationships between performance variables. These methods are useful when they address a clearly defined question and rely on consistent data.

One key contribution is the feedback loop between measurement and action. Performance management is more than reporting results: information should inform planning, be collected during implementation, and be reviewed to determine whether an adjustment is needed. For example, match analysis may identify a recurring weakness in defensive transitions, which can then inform training design and be reassessed in later matches. This cycle supports continuous improvement while allowing staff to revise assumptions when the evidence does not support them.

A second finding is that context is essential. Performance indicators can be affected by the quality of opposition, playing position, tactical instructions, game state, environmental conditions, and playing time. A high workload may reflect a deliberate tactical role rather than inefficiency, while a low number of technical actions may result from limited opportunity. Effective analysis therefore combines quantitative evidence with video, observation, and professional knowledge.

The review also identifies limitations related to data quality, technology, and analytical capacity. Inconsistent definitions or testing procedures reduce comparability, while large datasets can encourage attention to measures that are easy to count rather than those that matter most. Statistical models may also produce uncertain estimates, especially with small samples. Organisations need staff who can evaluate data quality, communicate uncertainty, and distinguish descriptive findings from causal claims.

Finally, ethical and organisational considerations should be included in performance-management systems. Athlete data may contain sensitive information about health, workload, or behaviour. Collection should have a clear purpose, access should be controlled, and findings should be communicated responsibly. Statistical indicators should support athlete development and informed decisions rather than being used as the sole basis for selection or evaluation.

Conclusions

Sports statistics have an important role in performance management because they provide structured information for planning, monitoring, evaluation, and decision-making. Descriptive statistics, comparative analysis, correlation, regression, and carefully designed performance indicators can help coaches and managers identify patterns, assess progress, and evaluate whether objectives are being achieved.

The main benefits arise when statistical information is connected to practical decisions. Training-load data can inform programme adjustments, competition statistics can guide tactical review, and individual profiles can support targeted feedback. At organisational level, relevant indicators can contribute to planning and accountability. Nevertheless, the value of these applications depends on reliable measurement, suitable analytical methods, and clear communication.

Statistics should not be interpreted in isolation. Performance is influenced by technical, tactical, physical, psychological, and contextual factors that cannot always be captured by a single number. Data should complement direct observation, athlete feedback, and professional expertise. Future developments in artificial intelligence, tracking systems, and automated video analysis may expand analytical possibilities, but they will not remove the need for critical interpretation.

Overall, the integration of sports statistics into performance management can support a more systematic and evidence-informed approach to sporting performance. Its success depends not on the quantity of data collected, but on the relevance of the indicators, the quality of analysis, and the ability to translate findings into responsible action.

References

1. Hughes, M. D., & Bartlett, R. M. (2002). The use of performance indicators in performance analysis. Journal of Sports Sciences, 20(10), 739–754. https://doi.org/10.1080/026404102320675602
2. O'Donoghue, P. (2010). Research Methods for Sports Performance Analysis. Routledge.
3. Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. International Journal of Sports Physiology and Performance, 14(2), 270–273. https://doi.org/10.1123/ijspp.2018-0935
4. Carling, C., Reilly, T., & Williams, A. M. (2009). Performance Assessment for Field Sports. Routledge.
5. McGarry, T., O'Donoghue, P., & Sampaio, J. (Eds.). (2013). Routledge Handbook of Sports Performance Analysis. Routledge.
6. Drust, B. (2010). Performance analysis research: Meeting the challenge. Journal of Sports Sciences, 28(9), 921–922. https://doi.org/10.1080/02640411003740769
7. Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., et al. (2017). Monitoring athlete training loads: Consensus statement. International Journal of Sports Physiology and Performance, 12(Suppl 2), S2-161–S2-170. https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208

Section: Politics and Sociology

СТРАТЕГІЧНА РОЛЬ ГЕНДЕРНОГО ПАРИТЕТУ В АРХІТЕКТУРІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Пономаренко Тетяна
канд. філос. наук, доцент
Кафедра гуманітарних дисциплін та українознавства
Шишова Олександра
здобувач вищої освіти бакалаврського рівня
спеціальність 262 Правоохоронна діяльність
Харківський національний університет внутрішніх справ, Україна

Анотація. У науковому доробку проаналізовано гендерну рівність як дієвий інструмент стійкості та сталого розвитку суспільства. Автори розглядають гендер як соціальний та культурний конструкт, що формується впродовж життя та змінюється під впливом суспільних трансформацій. На основі даних загальнонаціонального опитування КМІС (2024 р.) висвітлено актуальну динаміку масової свідомості в Україні: високу повагу до служби жінок у ЗСУ, зростання підтримки жіночого лідерства в бізнесі та політиці, а також збереження певного дисбалансу в побутових обов'язках. Розкрито економічний та публічно-управлінський виміри гендерного паритету, зокрема його роль у залученні людського капіталу, подоланні кар'єрних бар'єрів та прийнятті інклюзивних державних рішень. Особливу увагу приділено українському контексту – викликам повномасштабної війни, повоєнній відбудові та євроінтеграційному вектору, де гендерна чутливість є запорукою соціальної резильєнтності держави.

Ключові слова: гендер, гендерна рівність, гендерний підхід, гендерний паритет, сталий розвиток.

Введення. Роздуми про сталий розвиток суспільства найчастіше зводяться до трьох речей: збереження довкілля, економічного зростання, упровадження інновацій. Проте за цими глобальними орієнтирами часто губиться головний елемент усієї системи – власне людина та умови, в яких вона реалізує свій потенціал. Сучасний етап глобального розвитку характеризується фундаментальним переосмисленням ролі людського капіталу в забезпеченні стійкості складних соціальних систем (держави, суспільства тощо). У цьому контексті гендерна рівність перестає сприйматися виключно як етична чи правова категорія, перетворюючись на базовий детермінант сталого розвитку. Згідно з Порядком денним ООН у сфері сталого розвитку до 2030 року [7], досягнення гендерного паритету є не лише окремою ціллю, а й обов'язковою передумовою для реалізації всіх інших цілей, включаючи подолання бідності, забезпечення якісної освіти та стимулювання економічного зростання.

Забезпечення гендерного паритету в цьому контексті довго сприймалося як суто правозахисна або навіть формальна тема, обмежена деклараціями про рівність. Сьогодення вносить корективи, тепер це не просто питання соціальної справедливості, а реальний інструмент стійкості всієї державної та економічної архітектури.

Мета та задачі дослідження. Комплексний аналіз стратегічної ролі гендерного паритету як одного з основних елементів архітектури сталого розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Праці таких науковців, як Д. Батлер, С. де Бовуар, К. Вест, Д. Зіммерман, О. Іванова, Т. Мельник, Л. Смоляр, Р. Столлер, О. Стрельченко спрямовані на вивчення гендеру як соціального конструкту, гендерних стереотипів, механізмів гендерної соціалізації, гендерної політики та рівності/нерівності у різних сферах життя особи тощо. Дослідниці західного фемінізму С. де Бовуар, Л. Іриґарей, Ю. Крістева, Е. Сіксу у свої дослідженнях висвітлили патріархальний, маскулінний характер культури.

Результати дослідження і їх обговорення. На думку М. Альчук, «гендер – це поняття про систему ролей та відносин між жінками та чоловіками. Воно визначається не біологічним походженням, а соціальними, політичними та економічними відносинами. Стать дається від природи, а гендер – поняття, що конструюється. Гендерна індивідуальність розвивається протягом усього життя. Створення гендерних ролей та стосунків є постійним процесом. Такий процес – це не просто створення двох окремих рівних гендерних ролей для жінок та чоловіків, але також їх гармонійне поєднання» [1, с. 51]. Отже, гендер – це не про чоловіче або жіноче. Як відзначає Н. Кушнир, «концепція «гендера» або «гендерних відносин» стала першою політичною і соціологічною концепцією, яка розглядає жінку не в її «природній» якості, не як біологічну істоту, роль якої визначається винятково біологічними особливостями, але як соціальну людину зі своїм особистим статусом та стратегією соціальної поведінки. Гендер характеризує завдання, функції і ролі кожної статі в суспільстві, в її громадському і приватному житті. Поняття «гендер» означає, що ролі жінок і чоловіків у суспільстві конструюються і визначаються соціально. Їх зміна залежить від місця, часу, культури і традицій у суспільстві» [3, с. 196]. Отже, «гендер – це соціальний та культурний конструкт; соціальні ролі та питання ідентифікації у соціумі» [4, с. 452]. Однак, коли ми говоримо про гендерну рівність, ми говоримо про рівність чоловіків і жінок у різних сферах суспільства, побуті, праці, виконанні обов’язків тощо.

Гендерна рівність і гендерний паритет описують різні сторони одного й того самого процесу, хоча їх і часто плутають. Розмежуємо ці поняття. Головна відмінність між ними полягає в тому, що гендерна рівність – це про принципи, цінності та права, а гендерний паритет – про конкретну математику й статистику.

Коли ми говоримо про гендерну рівність, йдеться про якісний стан суспільства. Гендерна рівність – це концепція, яка передбачає, що особи будь-

якої гендерної ідентичності мають абсолютно однакові можливості для самореалізації, рівні свободи, однакову повагу та захист від дискримінації. Гендерний паритет – це кількісний індикатор, співвідношення представництва чоловіків і жінок у певній сфері, що в ідеалі прагне до пропорції п'ятдесят на п'ятдесят. Паритет слугує зручним інструментом або маркером на шляху до рівності, її проявом, але не гарантує її досягнення.

З 27 лютого по 15 березня 2024 року Київським міжнародним інститутом соціології проведено Загальнонаціональне телефонне опитування «Забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків в українському суспільстві» на замовлення Національного Демократичного Інституту (НДІ) у співпраці з Офісом Віце-прем'єр-міністерки з питань європейської та євроатлантичної інтеграції та Апаратом Урядової уповноваженої з питань гендерної політики за підтримки Швеції [2]. Аналізуючи звіт за результатами дослідження, можна зробити такі висновки:

1) на питання «Будь ласка, вкажіть одне слово, яке Ви асоціюєте з рівністю між чоловіками та жінками» респондентами запропоновані різноманітні варіанти, проте найбільш вживані – «рівність», «рівноправ'я», «немає рівності»;

2) більшість респондентів погоджується з тим, що професійний успіх, лідерство чи вибір спеціальності не мають прив'язуватися до гендеру. Особливо помітна ця динаміка стосовно сектору безпеки та оборони – службі жінок у ЗСУ суспільство висловлює високий рівень поваги та підтримки;

3) суспільна думка виявляє готовність бачити більше жінок на керівних посадах як у бізнесі, так і в політиці. При цьому респонденти зазначають, що головними критеріями для призначення чи обрання мають бути професіоналізм та компетентність, а не гендерні квоти, хоча самі квоти часто сприймаються як дієвий тимчасовий інструмент для подолання дисбалансу;

4) хоча на декларативному рівні більшість підтримує рівність у родинних обов'язках, фактичний розподіл домашньої роботи та виховання дітей досі тяжіє до традиційного.

Результати опитування КМІС демонструють глибокі якісні зрушення в масовій свідомості. Українське суспільство все більше сприймає гендерну рівність не як формальну вимогу чи зовнішній тренд, а як необхідну умову для справедливого розвитку держави.

Гендерна рівність як економічний чинник виявляється через інклюзивність ринку праці та подолання професійної сегрегації. Однак М. Філяк відзначає, що «гендерна рівність – це добре з позиції прав людини, але дана концепція подекуди використовується великими компаніями для залучення працівниць на свої виробництва у країнах, що розвиваються, для збільшення виробітку продукції, яка надходить здебільшого у розвинуті країни для їхнього споживання» [6]. Суспільна трансформація в цьому розрізі передбачає перехід від патріархальної моделі розподілу ресурсів до моделі рівних можливостей, де доступ до фінансів, власності та управлінських рішень базується на меритократії, а не на гендерних стереотипах. Це дозволяє оптимізувати використання

інтелектуального ресурсу нації, що є критично важливим для постіндустріальної економіки.

Важливим аспектом соціальної трансформації є зміна ціннісних орієнтирів у системі публічного управління. Гендерно збалансоване представництво в органах влади сприяє прийняттю більш інклюзивних рішень, які враховують потреби різних соціальних груп. Жінки-лідери часто приносять у політику фокус на питаннях соціального захисту, охорони здоров'я, екологічної безпеки та гуманітарного розвитку, що безпосередньо корелює з принципами сталого розвитку. Таким чином, трансформація політичного простору через упровадження гендерних квот та підтримку жіночого лідерства стає інструментом демократизації суспільства та підвищення довіри до державних інституцій.

В умовах сучасних криз, зокрема воєнних конфліктів та глобальних пандемій, гендерна рівність набуває значення чинника соціальної резильєнтності. Національна стратегія подолання гендерного розриву та забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків [5] та ратифікація Стамбульської конвенції стали важливими кроками на шляху до європейської інтеграції та модернізації суспільних відносин. Трансформація суспільної свідомості щодо ролі жінки у секторах безпеки та оборони, а також залучення чоловіків до сфери догляду та виховання дітей є свідченням глибинних зсувів у соціальній структурі.

Процес реалізації гендерної рівності стикається з низкою бар'єрів, серед яких найбільш деструктивними є стійкі гендерні стереотипи та «скляна стеля» в кар'єрному просуванні. Суспільна трансформація вимагає не лише законодавчих змін, а й активної просвітницької роботи, спрямованої на деконструкцію упереджень. Освіта відіграє ключову роль у формуванні гендерної чутливості з раннього віку, що дозволяє майбутнім поколінням будувати партнерські відносини на засадах взаємоповаги та рівного розподілу обов'язків. Тільки через подолання структурної нерівності можливо досягти гармонійного поєднання економічного процвітання, соціальної справедливості та екологічної цілісності на шляху до сталого розвитку суспільства.

Коли ми говоримо про сталий розвиток, ми говоримо про спроможність суспільства витримувати кризи, швидко реагувати й адаптуватися до змін і ефективно використовувати власний людський капітал. Штучні обмеження, дисбаланс у прийнятті рішень чи стереотипний розподіл ролей створюють системний перекіс, за якого значна частина суспільного ресурсу залишається поза увагою. Саме тому гендерна рівність є не просто однією з сімнадцяти Цілей сталого розвитку ООН, а крокує наскрізною ниткою крізь кожну з них – від економічного зростання до ефективності публічного управління.

В українських реаліях це питання набуває особливої гостроти. Повоєнне відновлення, євроінтеграційний вектор та потреба в ефективному державному управлінні вимагають перегляду звичних підходів до формування політик. Прийняття стратегічних документів на державному рівні свідчить про розуміння

проблеми, проте головні виклики завжди криються на етапі практичного втілення – у подоланні інституційних бар'єрів, зміні управлінської культури та реальному залученні жінок і чоловіків до рішень на всіх рівнях. Українське суспільство впевнено рухається в бік європейських цінностей рівності та інклюзивності. Повномасштабна війна не відсунула питання рівноправності на другий план, а навпаки – загострила усвідомлення того, що стійкість країни залежить від ефективного залучення потенціалу всіх громадян, незалежно від статі.

Висновки. Підсумовуючи варто відзначити, що гендерна рівність є каталізатором системних змін. Вона стимулює розвиток правової держави, де права людини є найвищою цінністю незалежно від статі. Сталий розвиток неможливий у суспільстві, де більшість населення стикається з обмеженнями у самореалізації. Отже, інтеграція гендерного підходу в усі сфери державної політики є не просто вимогою часу, а стратегічною інвестицією в майбутнє, що забезпечує перехід від традиційного до прогресивного, відкритого та сталого суспільства.

Список використаних джерел

1. Альчук М. Гендерна комунікація: проблеми і перспективи. Вісник Львівського університету. Філософські науки. 2006. Вип. 9. С. 46–55.
2. Загальнонаціональне телефонне опитування «Забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків в українському суспільстві» : звіт / КМІС. URL: https://www.kiis.com.ua/materials/pr/20240913_g/Gender%20survey%202024%20UKR%20-%20for%20NDI%20portal.pdf
3. Кушнир Н. В. Теоретично-правовий аналіз понять, пов'язаних з гендерною рівністю. Форум права. 2016. № 4. С. 195–200.
4. Пономаренко Т. О., Василенко В. А. Гендерна комунікація: виклики і перспективи. Вісник науки та освіти. 2024. № 5 (23). С. 448–458. URL: http://perspectives.pp.ua/index.php/vno/article/view/12050/12111
5. Про схвалення Державної стратегії забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків на період до 2030 року та затвердження операційного плану з її реалізації на 2022–2024 роки : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 12 серп. 2022 р. № 752-р. Законодавство України / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/752-2022-%D1%80#Text
6. Філяк М. С. Гендерна рівність, зростання ВВП та кліматичні зміни – знаходження хиткого балансу в довгостроковому плануванні розвитку міста. Академічні візії. 2023. Випуск 18. DOI: http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7824597
7. Sustainable Development Goal 5: Gender Equality. URL: https://www.undp.org/sustainable-development-goals/gender-equality

Section: Psychology

ПСИХОЛОГІЧНІ УМОВИ УСПІШНОЇ СОЦІАЛІЗАЦІЇ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ ПІСЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В ЗАГАЛЬНООСВІТНЬОМУ ЗАКЛАДІ

Корінець Аліна
здобувачка вищої освіти магістерського рівня
Факультет психолого-педагогічної освіти та мистецтв
Бердянський державний педагогічний університет, Україна

Актуальність дослідження зумовлена суттєвими змінами в організації освітнього процесу, спричиненими тривалим дистанційним навчанням. Даний формат навчання суттєво змінив архітектуру міжособистісної взаємодії. Повернення учнів до очного навчання супроводжується «цифровим слідом» - зниженням ментального благополуччя через надмірний екранний час та дефіцитом навичок реального спілкування. Обмеження безпосередньої міжособистісної взаємодії, зниження рівня комунікативної активності та підвищення тривожності негативно вплинули на процес соціалізації здобувачів освіти. В умовах повернення до очного формату актуалізується потреба у створенні спеціальних психологічних умов, що сприятимуть відновленню соціальних зв'язків і гармонійній інтеграції здобувачів освіти в освітнє середовище. Оскільки соціалізація є фундаментом особистісного розвитку, пошук психологічних умов її відновлення є критично важливим для сучасної школи [1].

Ступінь досліджуваності проблеми засвідчує, що питання соціалізації особистості розкрито у працях Л. Виготського, І. Беха, С. Ковальова та інших науковців. Проблеми соціально-емоційного навчання та формування компетентностей в умовах реформування освіти висвітлено в сучасних дослідженнях українських учених. Окремі аспекти впливу дистанційного навчання на психоемоційний стан учнів аналізуються у працях вітчизняних авторів. Проте специфіка «ресоціалізації» учнів після пандемії та воєнних станів у контексті тренінгової роботи потребує актуальних досліджень щодо подолання бар'єрів «екранної комунікації» та відновлення адаптаційних механізмів [2].

Мета дослідження полягає у визначенні та теоретичному обґрунтуванні психологічних умов, що забезпечують успішну соціалізацію здобувачів освіти після дистанційного навчання в закладі загальної середньої освіти. Для досягнення мети використано такі методи:

1. Теоретичні: аналіз, систематизація та узагальнення наукової літератури з проблем соціалізації особистості та психології тренінгу.

2. Емпіричні (психодіагностичні):

- Методика діагностики соціально-психологічної адаптації К. Роджерса та Р. Даймонд - для визначення рівня адаптованості, прийняття інших та емоційного комфорту учнів.
- Шкала соціальної тривожності - для оцінки бар'єрів, що виникли через тривалий екранний час та дефіцит реального спілкування.
- Методика «Соціометрія» Дж. Морено - для виявлення реальної архітектури міжособистісної взаємодії та статусу учнів у колективі після повернення до очного навчання.
- Метод психологічного тренінгу: як основний метод інтенсивного психологічного впливу та корекції соціальної тривожності в умовах кризових станів.
- Методи математичної статистики: Т-критерій Вілкоксона для порівняння показників до і після проведення тренінгу.

Сутність дослідження полягає у визначенні комплексу психологічних умов, серед яких: створення безпечного освітнього середовища; формування позитивного психологічного клімату в учнівському колективі; розвиток комунікативних умінь і навичок співпраці; забезпечення емоційної підтримки та профілактика підвищеної тривожності; активізація партнерської взаємодії між закладом освіти та батьками. Успішна соціалізація після дистанційного навчання розглядається як процес відновлення активної ролі учня в колективі. Ключовою психологічною умовою визначено створення безпечного комунікативного простору через впровадження психологічного тренінгу. Тренінгова робота в умовах кризових станів дозволяє ефективно коригувати соціальну тривожність та відпрацьовувати навички вирішення конфліктів у реальному часі [3]. Важливою умовою є також трансформація ролі педагога від транслятора знань до фасилітатора, що сприяє груповій згуртованості та емоційній підтримці. Доведено, що впровадження інтерактивних методів навчання, групових форм роботи, тренінгових занять і вправ на розвиток емпатії сприяє відновленню соціальної активності учнів.

Основні висновки засвідчують, що успішна соціалізація здобувачів освіти після дистанційного навчання можлива за умови системного психолого-педагогічного супроводу, цілеспрямованого розвитку соціально-емоційних компетентностей та створення атмосфери довіри й підтримки в освітньому середовищі. Ефективність соціалізації залежить від комплексу умов: інтеграції тренінгових занять в освітній процес, спрямованості на розвиток soft skills та активної взаємодії всіх учасників процесу. Тренінг виступає як метод інтенсивного психологічного впливу, що допомагає подолати наслідки соціальної ізоляції та стабілізувати психоемоційний стан здобувачів освіти. Отримані результати можуть бути використані у практичній діяльності загальноосвітньому закладі.

Список використаних джерел

1. Бех І. Д. Особистість на шляху до духовних цінностей : монографія. Київ-Чернівці : Букрек, 2018. 320 с.
2. Коновальчук І. І., Коновальчук П. В. Соціально-психологічна адаптація учнів до освітнього процесу в умовах дистанційного навчання. Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки. 2021. Вип. 2 (105). С. 64-74.
3. Панченко В. Ю. Тренінг як метод психологічної допомоги в умовах кризових станів особистості. Психологія і суспільство. 2022. № 3. С. 88-102.
4. Bandura A. Social Learning Theory. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1977. 247 p.

АРТТЕХНІКИ ЯК ЗАСІБ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ДІТЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ

Білинська Наталія
практичний психолог, викладач
КЗЛОР «Самбірський фаховий педагогічний коледж
імені Івана Филипчака», Україна
Спринська Зоряна
канд. психол. н., доцент
Кафедра психології
Дрогобицький державний педагогічний університет
імені Івана Франка, Україна

Сучасний розвиток інклюзивної освіти актуалізує проблему пошуку ефективних засобів психологічної підтримки дітей з особливими освітніми потребами (ООП). Важливим завданням психологічного супроводу є не лише подолання або пом’якшення труднощів, з якими стикається дитина, а й створення психологічно безпечного середовища, сприятливого для її самовираження, емоційного розвитку, соціальної взаємодії та реалізації індивідуального потенціалу.

Діти з особливими освітніми потребами становлять неоднорідну групу, тому організація психологічної підтримки має ґрунтуватися на принципах індивідуалізації, доступності, прийняття, поваги до особистості дитини та врахування її актуальних можливостей. Особливого значення набувають методи, які не вимагають високого рівня вербальної комунікації та дозволяють дитині висловлювати власні переживання у доступній і психологічно безпечній формі. Одним із таких напрямів є використання арттехнік.

У сучасній психологічній практиці арттерапія розглядається як напрям психологічної допомоги, що використовує творчість і мистецтво для самовираження, усвідомлення переживань, активізації особистісних ресурсів та гармонізації психоемоційного стану. Т. Борсук зазначає, що застосування арттерапії у роботі з дітьми з ООП сприяє мобілізації творчого потенціалу особистості, внутрішніх механізмів саморегуляції та пошуку нових ресурсів [1]. Українські дослідники також підкреслюють значення арттерапевтичних методів для особистісного розвитку, самопізнання та корекції психоемоційної сфери дітей з особливими освітніми потребами [2; 3].

Використання арттехнік має особливе значення для дітей, яким складно вербалізувати власні емоції та переживання. Малюнок, колір, форма, музика, рух, символічний образ або створена дитиною історія можуть ставати альтернативними способами психологічної комунікації. Творчий продукт при цьому розглядається не з позиції його художньої досконалості, а як засіб самовираження та встановлення контакту дитини із власним внутрішнім світом.

Психологічний потенціал арттехнік полягає у можливості одночасного впливу на емоційну, когнітивну, комунікативну та соціальну сфери розвитку. Їх застосування може бути спрямоване на зниження психоемоційного напруження, розвиток емоційної саморегуляції, формування позитивного самосприйняття, підвищення впевненості у власних можливостях, активізацію пізнавальної діяльності та розвиток навичок соціальної взаємодії. Дослідники відзначають також можливості арттерапевтичної роботи у процесі соціокультурної адаптації дітей з ООП [3].

Важливою перевагою арттехнік є створення ситуації психологічного успіху. У творчій діяльності відсутній єдиний правильний результат, тому дитина отримує можливість діяти відповідно до власних можливостей, інтересів і темпу. Такий підхід зменшує страх помилки та оцінювання, сприяє розвитку ініціативності й формуванню позитивного ставлення до власної діяльності.

Серед найбільш доступних у роботі психолога є малюнкові техніки. Використання фарб, олівців, крейди та інших матеріалів дає дитині можливість передавати емоційні стани через колір, лінію, форму та образ. Вправи «Мій настрій», «Кольори моїх емоцій», «Безпечне місце», «Мої сильні сторони», «Намалюй свій страх» можуть застосовуватися для розвитку емоційної усвідомленості, опрацювання страхів, зниження тривожності та формування позитивного образу Я.

Значний потенціал має ліплення з пластиліну, глини або тіста. Робота з пластичним матеріалом поєднує творчий та сенсорний компоненти. Дитина може створювати образ певного переживання, страху чи труднощів, а потім трансформувати його. Наприклад, створений образ страху можна змінити, зробити менш загрозливим або перетворити на образ помічника. Подібна символічна трансформація дає можливість дитині експериментувати з новими способами ставлення до складних переживань.

Ефективною та доступною технікою є колажування. Воно може бути особливо доречним для дітей, які мають моторні труднощі або відчувають невпевненість під час малювання. Створення колажів «Я та мої захоплення», «Мої мрії», «Те, що робить мене щасливим», «Мої сильні сторони» допомагає дитині краще усвідомити власні інтереси, ресурси та позитивні особистісні характеристики.

Окреме місце займають казкові та образно-символічні техніки. Через створення історій і персонажів дитина може опосередковано працювати зі страхами, труднощами спілкування, переживанням невдачі або невпевненістю у собі. Казковий герой може потрапляти у складні ситуації, знаходити помічників, долати перешкоди, що створює можливість символічного моделювання конструктивних стратегій поведінки.

Перспективними є також пісочні техніки, які дають можливість створювати символічний простір для вираження переживань. За допомогою піску та мініатюрних фігур дитина може моделювати ситуації взаємодії, безпеки, дружби, конфлікту, підтримки. Символічна дистанція між дитиною та створеною композицією може полегшувати вираження емоційно значущого досвіду.

У роботі з дітьми з ООП доцільним є використання музично-рухових арттехнік. Музика, ритм і рух сприяють емоційному розвантаженню, розвитку координації, усвідомленню власного тіла та налагодженню взаємодії з іншими. Систематичний огляд V. Martínez-Vérez, P. Gil-Ruíz та S. Domínguez-Lloria демонструє, що арт- і музикотерапевтичні втручання застосовуються у роботі з дітьми з розладами аутистичного спектра, синдромом дефіциту уваги з гіперактивністю, мовленнєвими порушеннями та труднощами навчання [4].

Зарубіжні дослідження підтверджують перспективність творчих терапевтичних підходів, водночас вказуючи на необхідність обережної оцінки їхньої ефективності. Систематичний огляд досліджень творчих арттерапевтичних втручань для дітей з розладами аутистичного спектра показав, що більшість проаналізованих робіт повідомляли про позитивні результати, зокрема щодо можливостей самовираження та взаємодії з однолітками. Водночас автори наголошують на значній неоднорідності вибірок, методів втручання та способів оцінювання результатів [5]. Інший систематичний огляд рандомізованих контрольованих досліджень також засвідчує перспективність арттерапевтичних втручань щодо соціальної комунікації, мовленнєвих, моторних та окремих психологічних показників дітей і підлітків з розладами аутистичного спектра, проте звертає увагу на методологічні обмеження наявної доказової бази [6].

Арттехніки можуть бути корисними не лише в індивідуальній, а й у груповій психологічній роботі. Спільне малювання, створення колективного колажу, композиції або казки формує досвід співпраці, взаємодопомоги, прийняття відмінностей та приналежності до групи. Це особливо важливо в інклюзивному освітньому середовищі, оскільки дозволяє організувати спільну діяльність дітей із різними освітніми потребами без акцентування уваги на труднощах окремої дитини.

Разом із тим використання арттехнік потребує дотримання певних професійних принципів. Психолог має враховувати вік дитини, рівень її когнітивного та мовленнєвого розвитку, сенсорні й моторні особливості, інтереси, актуальний емоційний стан і темп діяльності. Техніки повинні адаптуватися до потреб конкретної дитини, а не дитина – до стандартної техніки.

Важливо уникати оцінювання художньої якості творчого продукту та жорсткої інтерпретації символів. Один і той самий колір, образ або персонаж може мати різне значення для різних дітей. Тому психологові доцільно з'ясовувати значення створеного через діалог із самою дитиною, підтримуючи її право на власне трактування творчого продукту.

Отже, арттехніки є перспективним засобом психологічної підтримки дітей з особливими освітніми потребами. Вони створюють простір для безпечного самовираження, сприяють усвідомленню й регуляції емоцій, розвитку комунікації, позитивного самосприйняття та соціальної взаємодії. Особлива цінність арттехнік полягає у можливості змістити акцент із труднощів та обмежень дитини на її ресурси, творчий потенціал і сильні сторони.

Водночас арттехніки не слід розглядати як універсальний засіб, однаково ефективний для всіх дітей з ООП. Результативність їх застосування залежить від відповідності обраної техніки індивідуальним потребам дитини, професійної компетентності психолога, систематичності роботи та її інтеграції у загальну систему психолого-педагогічного супроводу. Перспективним напрямом подальших досліджень є емпіричне вивчення ефективності окремих арттехнік для різних категорій дітей з ООП та визначення критеріїв їх індивідуального добору.

Список використаних джерел

1. Борсук Т. О. Особливості використання арттерапії психологами як засобу корекційно-розвиткового впливу у роботі з дітьми з особливими освітніми потребами. Духовність особистості: методологія, теорія і практика. 2023. № 2 (106). С. 37–44. DOI: 10.33216/2220-6310/2023-106-2-37-44.
2. Чепеленко Ю. І., Жванія Т. В. Арттерапія в роботі з дітьми з особливими освітніми потребами. Психолого-педагогічні проблеми вищої і середньої освіти в умовах сучасних викликів: теорія і практика: матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції, Харків, 16–18 березня 2023 р. Харків: ХНПУ імені Г. С. Сковороди, 2023. С. 389–391.
3. Пех А. Арт-терапевтичні методи у соціокультурній адаптації дітей з особливими освітніми потребами. Освіта осіб з особливими потребами: шляхи розбудови. 2024. Том 1. № 24. С. 195-207. DOI: 10.33189/epsn.v1i24.248.
4. Martínez-Vérez V., Gil-Ruíz P., Domínguez-Lloria S. Interventions through Art Therapy and Music Therapy in Autism Spectrum Disorder, ADHD, Language Disorders, and Learning Disabilities in Pediatric-Aged Children: A Systematic Review. Children. 2024. Vol. 11, No. 6. Article 706.

5. Creative arts therapy for autistic children: A systematic review. The Arts in Psychotherapy. 2024/2025. Systematic review of studies published between 2010 and 2023.
6. The Effectiveness of Art Therapy on Children and Adolescents with ASD: A Systematic Review of RCTs. Healthcare. 2025. Vol. 13, No. 22. Article 2960.

ПСИХОЛОГІЧНІ УМОВИ РЕАЛІЗАЦІЇ КРЕАТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ОСОБИСТОСТІ З УРАХУВАННЯМ ТИПОЛОГІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕМПЕРАМЕНТУ

Косенко Наталія
к.т.н., доцент
Левашова Юлія
к.т.н., доцент
Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності
Харківський національний університет міського господарства
ім. О.М. Бекетова, Україна
Левашова Поліна
здобувачка вищої освіти
Кафедра іноземної філології
Харківській національний педагогічний університет
ім. Г.С. Сковороди, Україна
Карасьова Марія
здобувачка вищої освіти
Кафедра прикладної психології
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Україна

Анотація. В статті проаналізовано психологічні умови реалізації креативного потенціалу особистості з урахуванням індивідуально-типологічних властивостей темпераменту. Креативність розглянуто як багатокомпонентний феномен, реалізація якого залежить від взаємодії когнітивних, мотиваційних, емоційно-вольових та соціальних чинників. Особливу увагу приділено ролі психологічної безпеки, толерантності до невизначеності, саморегуляції, свободи від надмірного контролю та підтримки творчої ініціативи. Показано, що однакові умови можуть мати різний психологічний ефект для людей із різними темпераментними характеристиками. Запропоновано диференційований підхід до організації творчої діяльності, що передбачає врахування темпу роботи, потреби в новизні, особливостей емоційного реагування та здатності до тривалого зосередження.

Ключові слова: креативний потенціал, креативність, темперамент, психологічні умови, саморегуляція, творча діяльність, індивідуальні відмінності.

Розвиток креативності є одним із важливих напрямів сучасної психології та освіти. Здатність генерувати нові ідеї, відходити від шаблонних способів дії та знаходити нестандартні рішення має значення не тільки для творчих професій, а й для навчання, професійної адаптації та особистісної самореалізації.

Разом із тим сама наявність творчого потенціалу ще не гарантує його практичної реалізації. Людина може володіти достатньо розвиненим творчим мисленням, але уникати ситуацій невизначеності, боятися оцінювання, швидко втрачати інтерес до тривалого проєкту або, навпаки, витрачати значний час на аналіз і відкладати практичне втілення ідеї. Тому важливим є дослідження не лише психологічних ресурсів креативності, а й умов, за яких ці ресурси можуть бути реалізовані.

В сучасних психологічних концепціях креативність розглядається як складний феномен, що не обмежується окремою когнітивною операцією. Її результат залежить від взаємодії декількох компонентів.

Когнітивний компонент забезпечує можливість продукувати альтернативні способи розв’язання проблем, встановлювати нові асоціації та змінювати перспективу розгляду завдання. Мотиваційний компонент підтримує інтерес до пошуку нового й готовність витрачати зусилля на досягнення результату. Емоційно-вольова складова забезпечує здатність витримувати невизначеність, невдачі та критику. Соціальна складова визначає можливість взаємодії з іншими людьми та отримання підтримки, необхідної для реалізації творчих задумів.

В цьому контексті темперамент доцільно враховувати як характеристику, яка впливає на те, яким чином людина взаємодіє з такими умовами. Темперамент не визначає творчий потенціал безпосередньо, але може впливати на комфортність певного способу організації діяльності.

Однією з ключових умов розвитку креативності є психологічна безпека. Творчий пошук неминуче пов’язаний із можливістю помилки, оскільки нова ідея не завжди є ефективною з першої спроби. Середовище, у якому кожна помилка негайно оцінюється негативно, може стимулювати конформну поведінку та орієнтацію на вже відомі рішення. Натомість можливість експериментувати, пропонувати альтернативи та отримувати конструктивний зворотний зв’язок створює сприятливі умови для творчої активності.

Не менш значущою є толерантність до невизначеності. Творче завдання часто не має єдиного алгоритму виконання, тому людина повинна певний час діяти без гарантії правильного результату. Висока здатність витримувати невизначеність полегшує пошук нових рішень, тоді як підвищена потреба у передбачуваності може спрямовувати поведінку до більш структурованих способів діяльності.

Важливою умовою є також оптимальний рівень зовнішнього контролю. Надмірна регламентація творчої діяльності може обмежувати ініціативу, тоді як повна відсутність структури створює труднощі для тих людей, яким необхідні чіткі орієнтири. Отже, продуктивним є не максимальне послаблення контролю, а гнучке поєднання свободи вибору з достатньою організацією процесу.

Типологічні особливості темпераменту можуть бути враховані саме на цьому рівні.

Для сангвінічного типу доцільними можуть бути завдання, що передбачають зміну активностей, взаємодію, генерацію декількох альтернатив та можливість швидко переходити від одного етапу до іншого. Водночас для завершення складних творчих проєктів важливо забезпечувати проміжні цілі та етапи контролю, оскільки тривала одноманітна робота може знижувати залученість.

Для холеричного типу важливими стають умови, що дозволяють використовувати високу активність без надмірного емоційного перевантаження. Доцільним може бути розподіл складного завдання на окремі етапи, визначення часових меж і використання технік саморегуляції. Це дозволяє зберегти енергійність творчого пошуку та водночас зменшити ризик імпульсивного переходу до реалізації недостатньо опрацьованої ідеї.

Для флегматичного типу важливими є достатній часовий ресурс, послідовність і можливість зосередженої роботи. Умови, які вимагають постійного перемикання або надзвичайно швидкого продукування відповідей, можуть не повністю відповідати їхньому природному темпу діяльності. Натомість можливість поступово опрацювати проблему, структурувати матеріал і вдосконалити рішення створює передумови для якісної реалізації творчого задуму.

Для меланхолійного типу особливого значення набуває емоційно безпечне середовище. Зниження надмірного страху помилки, підтримувальний зворотний зв’язок і можливість поступового входження в нове завдання можуть сприяти більш вільному прояву творчої активності. Водночас чутливість і схильність до глибокого внутрішнього аналізу можуть бути ресурсом у завданнях, де важливі образність, рефлексія та увага до деталей.

Таким чином, диференційований підхід не передбачає закріплення людини за певним «типом творчості». Його завдання полягає в тому, щоб створити умови, за яких природні психодинамічні особливості не стають бар’єром для діяльності. Такий підхід особливо важливий у навчальному середовищі, де однакова форма організації завдання може по-різному впливати на студентів.

Значним ресурсом при цьому є розвиток саморегуляції. Саме вона дозволяє особистості компенсувати ті прояви темпераменту, які в конкретній ситуації можуть ускладнювати діяльність. Уміння планувати, контролювати темп, регулювати емоційне напруження, розподіляти зусилля та доводити задум до завершення дозволяє перетворювати темпераментні особливості з потенційних обмежень на керований ресурс.

Окрему роль відіграє соціальне середовище. Підтримка викладачів, колег, керівників або членів творчої групи може посилювати мотивацію до пошуку нового. Важливою є не лише позитивна оцінка, а й прийняття права людини на експеримент, зміну підходу та помилку. Середовище, в якому нестандартна

думка не сприймається як порушення встановленого порядку, створює більше можливостей для прояву креативності.

Розвиток креативності потребує комплексного підходу. Недостатньо тренувати лише дивергентне мислення, якщо людина не має мотивації до творчого пошуку або не вміє долати емоційні бар'єри. Так само сприятливе середовище не гарантує результату без відповідних когнітивних ресурсів і навичок саморегуляції.

Реалізація креативного потенціалу визначається взаємодією внутрішніх ресурсів особистості та характеристик середовища. Темперамент в цій системі доцільно розглядати як один із чинників, що визначає індивідуальний спосіб включення у творчу діяльність, її темп, емоційний супровід та особливості регуляції. Ефективна організація творчої діяльності має враховувати ці відмінності, не перетворюючи типологічну характеристику на обмежувальний ярлик. Для одних людей важливішими можуть бути динамічність і різноманітність завдань, для інших - достатній час, структурованість або психологічна безпека. Загальною умовою залишається розвиток саморегуляції, яка забезпечує можливість адаптувати природні психодинамічні особливості до вимог конкретної діяльності. Перспективним напрямом подальшого дослідження є емпірична перевірка того, які поєднання темпераментних характеристик, мотивації та умов середовища найбільшою мірою пов'язані з успішною реалізацією творчих задумів.

Список використаних джерел

1. Бортов А. С. Розвиток креативності як фактор підвищення психологічної стійкості особистості. Розвиток креативності як ресурсу інноваційного потенціалу особистості: психолого-педагогічні аспекти: збірник матеріалів всеукраїнської науково-методичної конференції з міжнародною участю. Одеса : Університет Ушинського, 2025. С. 46–49.
2. Милославська О. В. До проблеми розвитку творчого мислення в студентів. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Психологія». 2015. № 1150. С. 49–52.
3. Павленко В. В. Креативність: сутність, структура, закономірності формування і розвиток. Педагогічна освіта: Теорія і практика. Педагогіка. Психологія. 2015. № 23. С. 15–21.
4. Rothbart M. K., Ahadi S. A., Evans D. E. Temperament and personality: origins and outcomes. Journal of Personality and Social Psychology. 2000. Vol. 78. № 1. P. 122–135.
5. The Cambridge Handbook of Creativity / ed. J. C. Kaufman, R. J. Sternberg. 2nd ed. Cambridge : Cambridge University Press, 2019. 778 p.

ПОСТТРАВМАТИЧНЕ ЗРОСТАННЯ УКРАЇНСЬКОЇ МОЛОДІ В УМОВАХ ВІЙНИ

Пархоменко Катерина Валентинівна
здобувачка вищої освіти магістерського рівня
Булатевич Наталія Миколаївна
кандидат психологічних наук, доцент
Кафедра психології розвитку
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Україна

Анотація. Дослідження посттравматичного зростання, як психологічного феномену, підтверджує можливість появи позитивних трансформаційних змін в житті людини після пережитої критично-травматичної події або ряду подій. У статті висвітлено та проаналізовано результати дослідження соціально-психологічних чинників посттравматичного зростання української молоді в умовах війни. В ході емпіричного дослідження виявлено статистично значущі взаємозв'язки між сенсом життя та посттравматичним зростанням.

Ключові слова: посттравматичне зростання, сенс життя, соціальна підтримка, наслідки психотравми війни, позитивні зміни

Вступ. За останні кілька років провідним напрямком психологічних досліджень в Україні зберігається тема впливу війни на психоемоційний стан українців та наслідки життя в умовах тривалої психологічної травматизації. Це зумовлено нагальністю потреби в пошуку рішень допомоги українцям для розвитку людського капіталу держави, в якому молодь відіграє ключову роль. Важливо в цьому аспекті вивчати не лише негативні наслідки, адже їх попередження не завжди можливе, а й досліджувати позитивні зміни, що в результаті дозволить розробляти системи заходів підсилення чинників позитивного впливу психотравмуючого досвіду.

Мета та задачі дослідження. Мета роботи полягає у дослідженні взаємозв'язків між сенсом життя, соціальної підтримки та посттравматичним зростанням української молоді в умовах війни. Для досягнення мети визначено такі завдання: огляд літератури та аналіз результатів проведеного емпіричного дослідження чинників посттравматичного зростання; визначення шляхів сприяння посттравматичному зростанню української молоді в умовах війни та перспектив майбутніх досліджень.

Результати дослідження та їх обговорення. Посттравматичне зростання — це феномен, що проявляється у здатності людини перетворити досвід важкої травми на власний розвиток та позитивні зміни, що стає можливим через певний час після травматизації завдяки внутрішній роботі та сприятливому оточенню. Позитивні зміни характеризуються появою нових можливостей, зміцненням міжособистісних стосунків, змінами в духовній сфері, зростанням особистісної сили та рівня цінування життя (Tedeschi, Calhoun, 2004). Важливо

розуміти, що посттравматичне зростання не виникає випадково під впливом лише сильного травматичного досвіду. Безліч соціальних, культурних та психологічних чинників прямо або опосередковано визначають можливість та швидкість появи, а також рівень позитивних змін в житті людини (Henson, Truchot, & Canevello, 2021; Kurapov, та ін., 2023). Так, дослідження позитивних змін в житті молоді, що пережила терористичну атаку 2016 року в Нігерії показало, що наявність сенсу життя позитивно корелює з рівнем посттравматичного зростання та виступає його прямим предиктором, а соціальна підтримка має опосередкований вплив (Aliche, Ifeagwaz, Onyishi. & Mefoh, 2019). Для цього дослідження використовувалась соціо-когнітивна операційна модель за Р. Тадескі та Л. Калхуна, за якої соціальна підтримка та когнітивна обробка, результатом якої є визначений сенс, відіграють ключову роль в посттравматичному зростанні(Tedeschi, Calhoun, 2004). Саме це спричинило науковий інтерес до дослідження взаємозв'язків між посттравматичним зростанням, соціальною підтримкою та сенсом життя української молоді для пошуку шляхів сприяння появі уже згаданого феномену в умовах тривалої травматизації.

Вибірка дослідження склала 100 осіб віком 17-25 років з різних регіонів України та різним травматичним досвідом отриманим за період повномасштабної російсько-української війни. Збір даних відбувався у дистанційному форматі на платформі Google Forms за допомогою чотирьох стандартизованих методик (опитувальник посттравматичного зростання, MSPSS, опитувальник процвітання "PERMA-ПРОФАЙЛЕР", що містить шкалу «сенсу життя», CTSR).

Результати дослідження (рис. 1) показали, що наявність соціальної підтримки не є значущою детермінантою розвитку посттравматичного зростання (p=0.283). В той же час, соціальна підтримка обумовлює переживання сенсу життя, який стає внутрішнім механізмом впливу сприйнятої соціальної підтримки на посттравматичне зростання (B=0.318, p=0.009). Загальний ефект також є статистично значущим(p=0.01) із середньою силою(B=0.484).

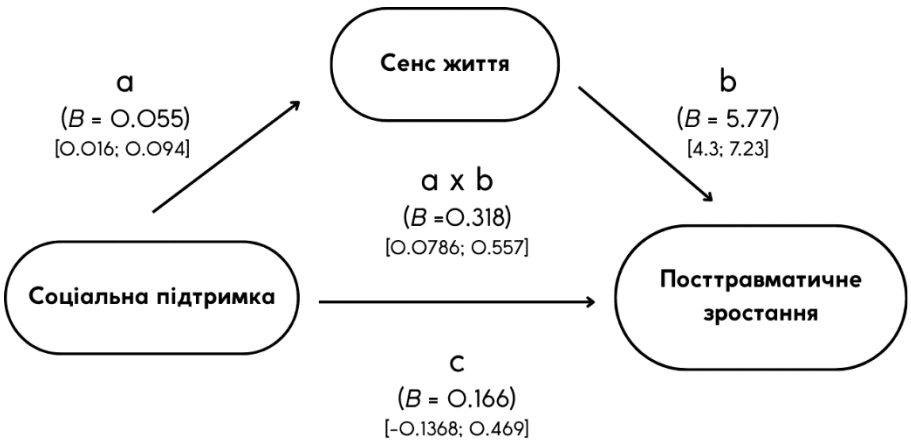


Рис. 1. Схематичне зображення результатів досліджуваних взаємозв'язків

Таким чином, в ході медіаційного аналізу встановлено наявність повної медіації, де сенс життя виступає важливим внутрішнім механізмом взаємозв'язку між соціальною підтримкою та посттравматичним зростанням.

Окремої уваги заслуговує виявлений прямий зв'язок між сенсом життя та посттравматичним зростанням, результати якого статистично значущі ($p<0.001$) з вираженою силою впливу($B=5.77$). Отже, наявність та усвідомлення власних життєвих смислів є самостійним сильним предиктором посттравматичного зростання, а не лише виконує медіативну роль у досліджуваних взаємозв'язках.

На підставі отриманих результатів визначено такі шляхи сприяння посттравматичному зростанню української молоді в умовах війни:

- залучення молоді до соціальних проєктів з відбудови країни;
- сприяння розвитку молодіжних стартапів на основі грантової підтримки;
- розвиток молодіжних центрів у громадах, як платформи для соціальної підтримки та пошуку спільних життєвих смислів;
- підсилення психологічної допомоги для молоді засадами логотерапевтичного підходу, які спрямовані на переоцінку досвіду та пошук сенсів.

Основна перспектива майбутніх досліджень посттравматичного зростання українців полягає у здійсненні лонгітюдного зрізу та проведенні повторного опитування після завершення активної фази війни без впливу пролонгованого стресу. Крім того, перспектива подальших досліджень пов'язана з детальнішим вивченням вікових закономірностей у схильності до позитивних трансформацій із залученням додаткового інструментарію для диференціації конкретних типів травматичного досвіду респондентів, що дозволить перейти від фіксації лише загального пролонгованого стресу до точкового аналізу специфічних чинників зростання.

Висновки. Емпірично виявлено, що соціальна підтримка не сприяє глибинним трансформаціям української молоді безпосередньо, а лише через вплив на формування та актуалізацію життєвих смислів, що, в свою чергу, виступають сильним предиктором позитивних змін в умовах пережитого досвіду війни. Отримані результати сприяють пошуку ефективних рішень для формування посттравматичного зростання, як складової системи розвитку людського капіталу України.

Список використаних джерел

1. Aliche, J. C., Ifeagwazi, C. M., Onyishi, I. E., & Mefoh, P. C. (2019). Presence of meaning in life mediates the relations between social support, posttraumatic growth, and resilience in young adult survivors of a terror attack. Journal of loss and trauma, 24(8), 736-749. https://doi.org/10.1080/15325024.2019.1624416
2. Henson, C., Truchot, D., & Canevello, A. (2021). What promotes post traumatic growth? A systematic review. European Journal of Trauma & Dissociation, 5(4), 100195. https://doi.org/10.1016/j.ejtd.2020.100195

3. Kurapov, A., Pivorienė, J., Krasilova, Y., Proskurnia, A., Balashevych, O., Dubynskyi, O., & Kalaitzaki, A. (2023). From trauma to transformation: Predictors of post-traumatic growth in Ukrainians affected by war in an ongoing conflict setting. Social Inquiry into Well-Being, 21(1). https://doi.org/10.13165/SD-23-21-1-04
4. Tedeschi, R. G., & Calhoun, L. G. (2004). A clinical approach to posttraumatic growth. Positive psychology in practice, 405-419. DOI:10.1002/9780470939338

Section: Technical Sciences

КАЙТ-ВІТРИЛА – РЕЗЕРВИ ДОСКОНАЛОСТІ

Глазєва Оксана Володимирівна
кандидат технічних наук, доцент
ORCID: 0000-0002-4992-7697
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0709-0542
Велика Ольга Іванівна
старший викладач
Національний університет "Одеська морська академія"
Україна

Анотація. Безпрецедентне зростання вартості вуглеводневого палива змушує проектувальників морських суден спрямовувати всі зусилля на швидке впровадження заходів енергозбереження на існуючих та проектуємих суднах. Одним з можливих рішень є обладнання суден вітрилами та подібними пристроями. Хоча кінцевою метою залишається використання безвуглецевого пального, доки це не стане реальністю, необхідно максимально оптимізувати кожний рейс для досягнення економії. Оптимізація витрат на плавання є ключовою частиною в боротьбі за ефективність морських транспортних операцій.

Ключові слова: вітрильний пропульсивний комплекс, кайт-вітрило, повітряна куля

У відповідь на зростаючий тиск щодо скорочення викидів парникових газів і дотримання жорсткіших екологічних норм, стратегічні плани впровадження технологій WAPS (система рушія з використанням енергії вітру), аміаку, метанолу й акумуляторних батарей стають ключовими для декарбонізації судноплавної галузі. Проте впровадження аміаку, метанолу і батарей стикається з певними викликами:

– виробництво, зберігання та транспортування потребують спеціально обладнаних об'єктів та технологій;

– використання аміаку та метанолу тягне за собою потребу в спеціалізованих двигунах і системах згоряння.

Система WAPS демонструє значні переваги: відмінна енергоефективність, зниження викидів, низькі експлуатаційні витрати та розвинена технічна база. Така адаптивність робить її перспективним і практичним рішенням для судноплавства у прагненні до декарбонізації. З розвитком тенденції зниження викидів у судноплавстві, використання вітрової енергії як відновлювального джерела стає ключовим трендом, що відповідає вимогам з енергозбереження та зменшення викидів на суднах.

Судна з вітровим приводом можуть значно зменшити споживання енергії та викиди завдяки допоміжній тязі, яку забезпечує вітер під час плавання.

Ефективне управління судном з підтримкою вітру дозволяє значно покращити продуктивність всієї гібридної енергосистеми, роблячи найбільшу ставку на використання вітрової енергії.

Таким чином, ця технологія є одним із найефективніших методів скорочення викидів CO_2 суднами і сприяє екологічному розвитку морського сектору.

Вітрило-кайт перетворює силу вітру в кінетичну енергію за допомогою повітряних кайтових систем, які допомагають тягнути судно вперед, забезпечуючи додаткову потужність для навігації (рис. 1).



Рис. 1. Вітрильний пропульсивний комплекс судна "Beluga SkySails"

Аналіз ефективності застосуваня кайт-вітрил показав таке:

– кайт-вітрило дозволяє зменшити споживання енергії та одночасно знижує амплітуду крену судна;

– тягова потужність кайта становить від 127 до 461 кВт;

– споживання палива цього судна може бути знижене на 1 ... 32% залежно від маршруту плавання.

Проведено аналіз середнього коефіцієнта опору, отриманого за допомогою аеродинамічних випробувань та моделювання великих вихорів (LES) для кайта у реальних масштабах. Виявлено, що коефіцієнт опору при нульових кутах відхилення та нахилу на 20% нижчий у порівнянні з плоскою пластиною того ж формату. Ці дані можуть використовуватися як орієнтир для оптимізації керування кайт-вітрилом задля поліпшення його характеристик і подальшого зменшення витрат палива для суден із системою WAPS [1 - 6].

У зв'язку з вищевикладеним, завдання створення раціональної схеми вітрильного пропульсивного комплексу (ВПК) з кайт-вітрилом, з метою підвищення ефективності морських перевезень, є актуальним науково-технічним завданням і має важливе наукове й практичне значення.

З фізичної точки зору, як вже було зауважено, природа підіймальної сили

грунтується на двох законах: закону Бернуллі, і третього закону Ньютона, а також на використанні теорії Кутта-Жуковського.

Наразі, для розрахунку підйомної сили кайта в більшості випадків використовують теорему Кутта – Жуковського з урахуванням певних корегувальних коефіцієнтів [6] (рис. 2).

$$F = 0,04v^2S, \quad (1)$$

де υ – швидкість вітру; S – площа контуру крила; 0,04 – коефіцієнт, що вводиться з урахуванням кута атаки та масової щільності повітря

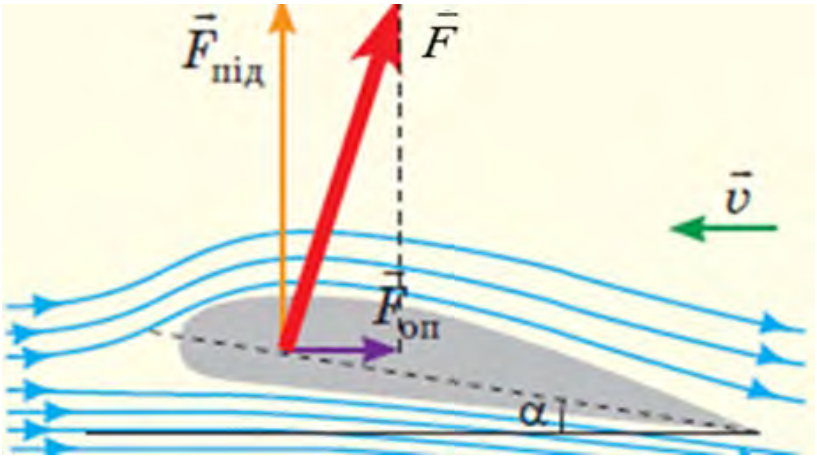


Рис. 2. Схема сил, що виникають під час обтікання повітрям крила
F – рівнодіюча сил $F_п$ та Fоп; $F_п$ – підйомна сила; $F_{оп}$ – фронтовий опір

Розглядається кут атаки в межах 10 …15 °, ρ = 0,125 кг/м^3- масова щільність повітря

З представленого рівняння (1) видно, що швидкість вітра квадратично впливає на тяглові зусилля.

Якщо розглядати вітрильні судна, то вони всі мають однакові можливості завдяки фалу грота, що дозволяє їм збільшувати або зменшувати кут нахилу вітрила до вітру.

Починаючи із схематичного представлення потоку (рис. 1), в теорії і дослідах збільшення швидкості плину над верхньою частиною поверхні можна пояснити з точки зору стискання струменів (умовних труб) потоку і законом збереження маси.

Якщо вважати, що повітря є нестисненим, швидкість об'ємного плину (тобто літрів на хвилину) має бути постійним в кожному струмені, оскільки матерія не може з'являтися з нічого або зникати в нікуди. Якщо струмінь стає тоншим, швидкість плину повинна зрости у звуженій частині, аби зберегти постійну швидкість. Тобто виконується один із основних законів природи - закон збереження маси.

Наведені фізичні закони і міркування обгрунтовують появу аеродинамічних сил про підйоми кайтів на певну висоту і, відповідно, можливість їхнього застосування.

Швидкість вимпельного (уявного) вітру визначається на висоті 10м над

поверхнею моря (тобто над ватерлінією), як показано на рис.10 згідно з виразом:

$$v_{вимп} = \sqrt{\left(v_1 \cos\alpha + v_k\right)^2 + \left(v_1 \sin\alpha\right)^2}. \quad (2)$$

Для вітроенергетичних систем також вводять поняття вимпельного вітру (2), що дозволяє з більшою точністю визначати швидкість руху кайту (3) і, відповідно, обрахувати величину підйомної сили.

Для більшої наочності на рис. 2 представлений порядок визначення швидкості вимпельного вітру.

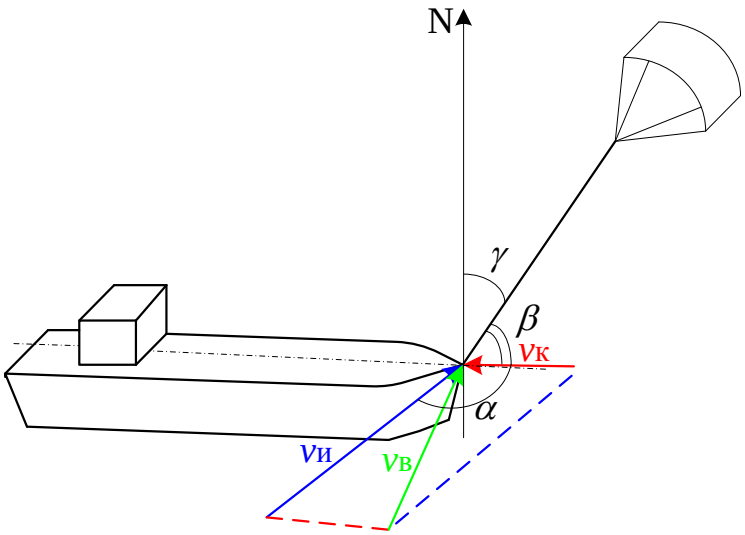


Рис. 3. Визначення швидкості вимпельного вітру: v_B – вектор швидкості вимпельного вітру, м/с; v_I – швидкість істинного вітру , м/с; v_K – швидкість курсового вітру, яка дорівнює швидкості судна v_C , м/с; α – кут між векторами швидкості істинного та курсового вітру, град

Для інших висот швидкість вітру визначається:

$$v_{кайт} = v_{вимп}\left(\frac{h_{кайт}}{10}\right)^{0,11} .\nu_{\text{кайту}} = \nu_{\text{вимп}} * \left(\frac{\text{h}_{\text{кайту}}}{10}\right)^{0,11} \quad (3)$$

Висота підйому кайта визначається таким чином:

$$h_{кайт} = R\sin\beta, \quad (4)$$

де β – кут підйому кайта (кут між горизонтальною площиною, яка проходить через носову частину судна і тросом кайта), град; R – довжина троса, м.

Взагалі, на збільшення тяглових та підйомних сил впливає певний ряд чинників, серед яких:

– вибір оптимального кута атаки;

– збільшення площі поверхні об’єкта;

– прискорення швидкості повітряного потоку (яка, здебільшого, є швидкістю вітру) [8].

Розглянемо, які існують особливості та обмеження застосування кайтів і яким чином впливає кожен із вищевказаних факторів на характеристики вітроенергетичних систем.

Найважливіше значення для надійності, довговічності та ефективності кайт-

вітрил мають значення величин граничних швидкостей вітру в зоні їх використання. Вони визначають прийняті розрахункові нормативи при проектуванні елементів установки на міцність, параметри автоматичних систем управління, аеродинамічні характеристики лопатей. Суттєвою характеристикою є вертикальний профіль вітрового потоку, тобто градієнт його швидкості по висоті в приземному шарі. Вплив поверхні на швидкість і напрям вітру зменшується в міру збільшення висоти. В наслідок чого швидкість вітрового потоку зростає, а поривчастість і прискорення зменшуються. Градієнт швидкостей має сезонний розподіл, який залежить від вертикального перепаду температур [9].

Відомі узагальнюючі формули для визначення швидкості вітру за вертикальною координатою. З них найбільш проста залежність для висоти від 5 м і вище має такий вигляд:

$$v = v_{ЛА}\left(\frac{h}{h_{ЛА}}\right)^{k},$$

де $v_{ЛА}$ – швидкість вітру на висоті розташування осі лопатевого апарату; $h_{ЛА}$ – висота розташування осі лопатевого апарату; v – швидкість, обумовлена для висоти h; k – степеневий показник.

Проблема полягає у виборі значень показника k, значення якого коливається у діапазоні 0,143 … 0,26. Але відомо, що при вимірах на різних висотах значення k досягають 0,34.

Зростання параметрів ВПК, як наслідок, збільшення габаритів та площі вітрил вимагають певної точності у визначенні заданого показника k, тому що некоректне значення k може привести до значної погрішності у визначенні середньорічної продуктивності ВПК.

Так, для V_o=6,0 м/с на висоті h_0 = 10 м при перерахуванні на висоту 50 м і використанні значень k = 0,12 або k = 0,167 у підсумку одержимо значення потужності, що відрізняються на ~25% [10].

Таким чином доведено що, яруси, які перебувають у різних шарах вітрового потоку та на різній відстані від поверхні, будуть випробувати різний силовий вплив. В наслідок чого, у системі ВПК будуть відбуватися певні дисбалансі явища, які негативним чином вплинуть на роботоспроможність та довговічність установки.

Мета дослідження – вдосконалення ВПК, яка забезпечить регулювання вітрового навантаження на вітрило в залежності від його положення відносно вітрового шару, та у якому одночасно збережені надійність та простота схемотехнічних рішень ВПК відомих типів.

У розробленій технології кайт не є єдиним елементом ВПК. Проблему підтримки кайту у зоні максимального вітрового силового впливу пропонується вирішувати за рахунок використання повітряних куль для підйому буксирувального троса на робочу висоту (рис. 4).

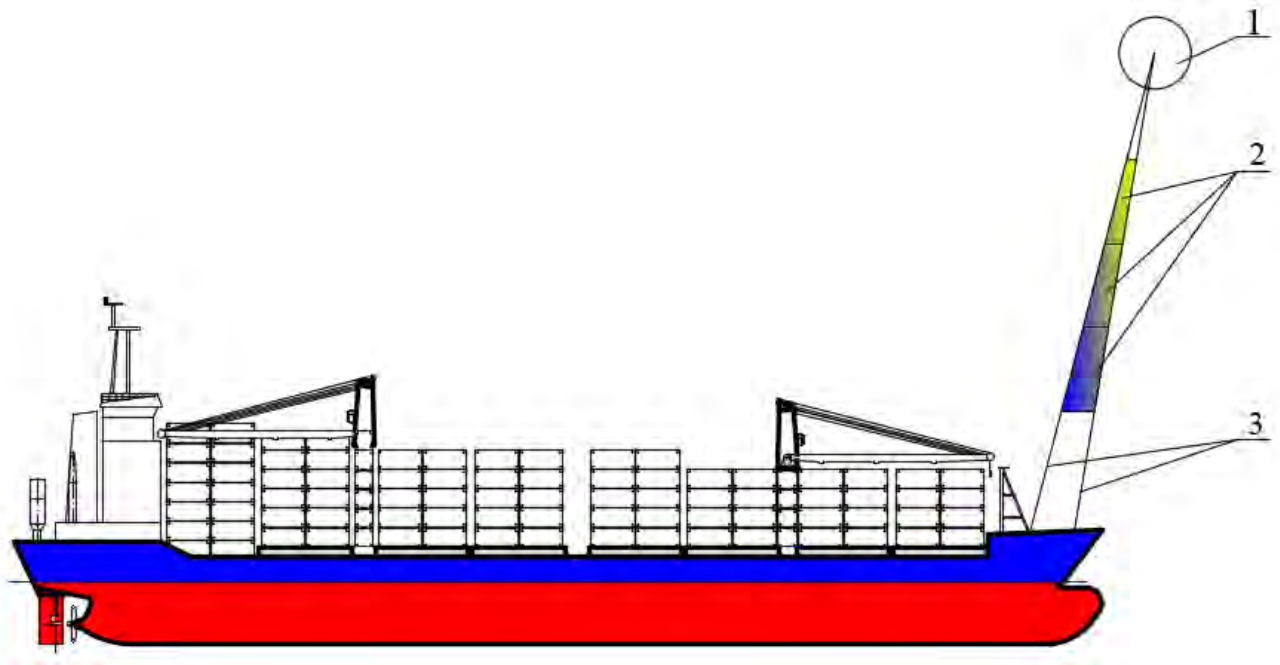


Рис. 4. Комбінований вітрильний пропульсивний комплекс: 1 – повітряна куля; 2 – кайт-вітрило; 3 – буксирувальні та управляючі троси

Точка кріплення буксирувального троса міститься на баці транспортного судна. Робоча висота вибирається програмою залежно від напрямку й швидкості вітру, враховуючи при цьому й курс судна [11].

Повітряна куля має пристрій для наповнення легким газом для створення підйомної сили та вузли для кріплення буксирувальних та управляючих тросів. Кайт-вітрило сполучене буксирувальними та управляючими тросами з автоматичною лебідкою.

Кайт-вітрило також обладнано комлектом датчиків для контролю параметрів вітра та стану навколишнього середовища [12 -16]. Сигнали від блоку дачиків кожної лопаті надходять на центральний процесор установки, де опрацьовуються та перетворюються на керуючий сигнал для приводу відповідного тросу [17 - 19].

У динамічному режимі робота ВПК полягає в такому. Повітряна куля наповнюється легким газом та за допомогою відповідних тросів підіймає кайт-вітрило на відповідну висоту. Вітрове навантаження кайт-вітрила контролюється азимутальним датчиком вітру. Це дозволить встановити навантаження, залежно від вітрового навантаження в кожному вітровому шарі й уникнути деструктивних деформацій комплексу.

Перед переходом до маневрового режиму виконується згортання ВПК шляхом згортання усіх активних ярусів та підтягування кулі до корпусу судна.

У аварійному режимі при обмеженому ліміті часу на прибирання ВПК у похідне положення троси можуть бути роз'єднані за допомогою піропатронів.

Ваго-габаритні характеристики ВПК, а саме тросів і вітрил, можуть бути знижені за рахунок використання новітніх конструкційних матеріалів на основі нанотрубок [20].

Запропоноване схемотехнічне рішення ВПК завдяки застосуванню керованої повітряної кулі забезпечить технічний ефект, який полягає у можливості роботи у всіх доступних вітрових шарах.

Передбачається, що використання зазначеного ВПК дозволить заощадити до 1,5 тон палива в день і скоротити обсяг викидів вуглекислого газу на 30% за весь термін служби вантажного судна.

Висновки. Практичне застосування систем WAPS демонструє значний енергозберігаючий ефект, дозволяючи різними типами вітрил підвищувати паливну економічність суден. Це сприяє переходу морської галузі на шлях низьковуглецевого розвитку.

Однак на даний момент відчувається нестача досліджень щодо стандартів застосування цих технологій, зокрема щодо технічних вимог для їх впровадження, критеріїв оцінки енергоефективності та норм безпеки експлуатації. Також важливо посилити експериментальну перевірку аеродинамічних характеристик кайт-вітрил і провести аналіз їхньої ефективності в різних умовах експлуатації для створення інформаційної бази, яка сприятиме практичному впровадженню вітродопоміжних технологій [1].

Список використаних джерел

1. Kai Wang, Zhongwei Li, Xing Liu, Zhiqiang Hu, Lianzhong Huang, Qiushi Song a, Hongzhi Liang a, Xiaoli Jiang. Wind-assisted propulsion system for shippingdecarbonization: Technologies, applications and challenges // Energy. – 2025. – Vol. 336. – Article: 138420.
2. Yan R, Wang S, Psaraftis H. Data analytics for fuel consumption management in maritime transportation: Status and perspectives // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. – 2021. –155:102489.
3. Wang K, Li Z, Zhang R, Ma R, Huang L, Wang Z, Jiang X. Computational fluid dynamics-based ship energy-saving technologies: A comprehensive review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2025. –207:114896.
4. Wu N, Zhang F, Zhang F, Jiang C, Lin J, Xie S, Jing R, Zhao Y. An integrated multi-objective optimization, evaluation, and decision-making method for ship energy system // Applied Energy. – 2024. – 373:123917.
5. Nyanya M. N, Vu H. B, Schönborn A, Ölçer A. I. Wind and solar assisted ship propulsion optimisation and its application to a bulk carrier // Sustainable Energy Technologies and Assessments. – 2021. –47:101397.
6. Wang K, Wang J, Huang L, Yuan Y, Wu G, Xing H, Wang Z, Wang Z, Jiang X. A comprehensive review on the prediction of ship energy consumption and pollution gas emissions // Ocean Engineering. – 2022. – 266(2):112826.
7. Y. Yoshimura, K.i Ouchi, T Waseda. Contributions to EEOI and EEDI by Wind Challenger Ships URL pttps://www.researchgate.net/profile/Yasuo-Yoshimura-3/publication/347910181_Contributions_to_EEOI_and_EEDI_by_Wind_Challenger_Ships/links/6038b572299bf1cc26f039a4/Contributions-to-EEOI-and-EEDI-by-Wind-Challenger-Ships.pdf.

8. Каравєлков, В. В., Проданов, Ю. О., Глазєва, О. В. Пропульсивні і генеруючі можливості парусів // Матеріали V науково-технічної конференції молодих вчених "Інновації та технології на морському та внутрішньому водному транспорті" 26.11.2025. – Одеса: НУ ОМА, 2025. – С. 58 - 63.
9. Основи вітроенергетики / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Нойбергер, Д. Ципленков. – Дніпро: Національний гірничий університет, 2015. – 335 с.
10. Голубенко, Н. С., Довгалюк, С. И, Фельдман, А. М., Худик, В. Б. О зависимости скорости ветра от высоты с учетом рельефа местности. URL: https://electroavtosam.com.ua/forums/ download/file.php?id=1450.
11. Карпілов, О. Ю., Удолатій, В. Б., Сандлер, А. К. Альтернативна конструкція вітрильного пропульсивного комплексу // Матеріали XIV міжнародної науково-технічної конференції "Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика", 19.11.2024 - 20.11.2024. – Одеса: НУОМА, 2024. – С. 204 - 208. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.21494873.
12. Сандлер, А. К., Опришко, М. О. Вдосконалення лопатевого апарату вітроенергетичних установок // Суднові енергетичні установки. – 2023. – Вип. 47. – Одеса: НУОМА. – С. 172 - 177. DOI: 10.31653/smf47.2023. 172-178.
13. Заічко С. І., Сандлер А. К., Цюпко Ю. М. Схемотехнічне рішення азимутального датчику вітру // Судовождение. – 2015. – Вып. 26. – Одеса: НУ "ОМА". – С. 93 -98.
14. Карпілов, О. Ю., Удолатій, В. Б., Сандлер, А. К. Автоматизований вітрильно-рушійний комплекс – новітні вітрила на "старих" щоглах // Грааль науки: міжнар. наук. журнал. – Вінниця: ГО "Європейська наукова платформа"; НУ "Інститут науково-технічної інтеграції та співпраці", 2024. – № 39. – С. 369 - 374. DOI 10.36074/grail-of-science.10.05.2024.056.
15. Заічко, С. І., Сандлер, А. К., Карпілов, О. Ю. Система керування роторним багатосекційним вітрорушієм // Судовождение. – 2017. – Вып. 27. – Одесса: НУ "ОМА"– С. 85 - 90. DOI: 10.31653/2306-5761.27.2017.85-90.
16. Сандлер, А. К., Карпилов, А. Ю. Повышение точности управления ветродвижителем // Енергетика судна: експлуатація та ремонт: матеріали науково-технічної конференції. – Одеса: ОНМА. – 2014. – С. 120 - 122.
17. Сандлер, А. К., Цюпко, Ю. М., Сандлер, А. А., Цюпко, К. Ю. Схемотехническое решение инвариантного датчика влажности // Автоматизация судовых технических средств. – 2012. – Вып. 18. – Одесса: ОНМА. – С. 97 - 102.
18. Сандлер, А. К., Цюпко, Ю. М., Каменєва, А. В. Схемотехнічне рішення датчика швидкості потоку // Автоматизация судовых технических средств. – 2016. – Вып. 22. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 86 - 92.
19. Карпилов, А. Ю., Сандлер, А. К. Волоконная оптика в системах управления ветровыми движителями // Науково-практична конференція "Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки", 12 - 18 грудня 2012 р.: матеріали конференції. – Одеса: ОНМА. – 2012. – С. 30 - 32.

20. Опришко, М. О., Карпілов, О. Ю., Сандлер, А. К., Філін, В. М. Застосування новітніх матеріалів для створення елементів комбінованих електроенергетичних установок з вітрорушієм // XII міжнародна науково-методична конференція "Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика", 21.11.2022 - 23.11.2022 р.: матеріали конференції. – Одеса: НУ "ОМА". – 2022. – С. 169 - 173. DOI: 10.31653/2706-7874.SEEEA-2022.11.1-203.

KITE-SAIL – POTENTIAL FOR PERFECTION

Glazeva Oksana
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
ORCID: 0000-0002-4992-7697
Velyka Olga
Senior Lecturer
National University "Odessa Maritime Academy", Ukraine

Abstract. The unprecedented rise in the cost of hydrocarbon fuels compels marine vessel designers to focus all efforts on the rapid implementation of energy-saving measures for both existing and newly designed ships. One potential solution involves equipping vessels with sails or similar devices. Although the ultimate goal remains the use of carbon-free fuel, until this becomes a reality, it is essential to optimize every voyage to achieve cost savings. Optimizing voyage costs is a key factor in the drive for efficiency in maritime transport operations.

Keywords: sail propulsion system, kite sail, balloon

РОЗВИТОК ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ У ПРОЦЕСІ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ВОДІЇВ

Вишневська Наталія
старший викладач
Олійник Дмитро
курсант
Кафедра інженерного та технічного забезпечення охорони державного кордону
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького (військова частина 9960), Україна

Сучасний розвиток автомобільного транспорту супроводжується збільшенням інтенсивності дорожнього руху, ускладненням транспортних потоків та постійним удосконаленням конструкції автомобілів. У таких умовах до підготовки майбутніх водіїв висуваються підвищені вимоги[1],[2]. Водій повинен не тільки знати Правила дорожнього руху та вміти керувати автомобілем, а й

розуміти його будову, знати основні ознаки технічних несправностей та вміти перевірити готовність транспортного засобу до експлуатації.

У процесі підготовки водіїв значна увага традиційно приділяється вивченню Правил дорожнього руху та практичному відпрацюванню таких навичок, як рушання, гальмування, маневрування та паркування. Водночас питання будови і технічного обслуговування автомобіля інколи розглядаються переважно теоретично. На нашу думку, такий підхід потребує вдосконалення, оскільки технічний стан транспортного засобу безпосередньо впливає на безпеку дорожнього руху.

Актуальність цієї проблеми полягає в тому, що навіть досвідчений водій не завжди може запобігти наслідкам раптової технічної несправності автомобіля під час руху. Несправність гальмівної системи, пошкодження шини, несправність рульового керування або інших важливих вузлів може призвести до втрати контролю над транспортним засобом та створити небезпечну ситуацію на дорозі. Саме тому своєчасна перевірка технічного стану автомобіля перед виїздом є одним із важливих елементів безпеки.

Формування у майбутнього водія навички проведення контрольного огляду дозволяє виявити частину несправностей ще до початку руху. При цьому водій повинен розуміти не лише послідовність перевірки, а й можливі наслідки виявлених недоліків. Такий підхід сприяє формуванню відповідального ставлення до технічного стану автомобіля та власної безпеки.

Підготовка майбутнього водія повинна передбачати не лише формування навичок керування автомобілем, а й розуміння його технічного стану. Під час експлуатації транспортного засобу водій є першою особою, яка може помітити появу несправності або відхилення в роботі окремих систем. Тому ще на етапі навчання важливо сформувати навичку проводити просту перевірку автомобіля перед виїздом, звертати увагу на зовнішні ознаки несправностей та оцінювати готовність транспортного засобу до руху. Це дозволяє застосовувати отримані під час теоретичних занять знання безпосередньо на практиці[1],[2].

Особливе значення має знання основних систем і механізмів автомобіля. Майбутній водій повинен розуміти загальний принцип роботи двигуна, трансмісії, ходової частини, гальмівної та рульової систем, електрообладнання. Однак вивчення їх будови не повинно обмежуватися запам'ятовуванням назв окремих деталей. Важливо пояснювати, як технічний стан цих систем впливає на керованість, гальмівні властивості та загальну безпеку автомобіля. Такий підхід дозволяє краще зрозуміти необхідність своєчасного технічного обслуговування.

Однією з найбільш доступних для водія форм контролю є огляд автомобіля перед початком руху. Під час нього доцільно перевіряти стан шин і тиск у них, рівень основних робочих рідин, наявність видимих витоків, справність зовнішніх світлових приладів, покажчиків повороту, звукового сигналу та склоочисників. Окремо необхідно переконатися у справності гальмівної та рульової систем. Виконання такої перевірки не потребує значного часу, але дозволяє виявити окремі несправності до початку руху та не допустити експлуатації технічно несправного автомобіля[3],[2].

Для формування відповідних навичок доцільно змінювати підхід до проведення практичних занять. Перед початком, водій може самостійно виконувати короткий контрольний огляд автомобіля за визначеною послідовністю. При цьому інструктор має не просто контролювати правильність виконання дій, а й пояснювати можливі наслідки виявлених несправностей. Поступове повторення такого алгоритму на заняттях сприятиме формуванню сталої навички, яка надалі може використовуватися водієм уже під час самостійної експлуатації автомобіля[4],[3].

Доповнити практичну підготовку можна за допомогою навчальних стендів, макетів окремих вузлів та мультимедійних засобів, які дозволяють моделювати різні технічні несправності та відпрацьовувати порядок дій у таких ситуаціях. Наприклад, під час заняття можна запропонувати визначити несправність за показниками приладів або її зовнішніми ознаками, після чого пояснити можливі причини її виникнення та подальші дії водія[4]. Доцільно також відпрацьовувати прості операції, які водій може виконати самостійно: перевірку та підкачування шин, заміну колеса, контроль рівня робочих рідин, використання пускових проводів. При цьому необхідно звертати увагу не тільки на правильність виконання таких дій, а й на дотримання заходів безпеки.

Практичне відпрацювання технічних навичок доцільно поєднувати безпосередньо з навчанням керуванню автомобілем. Перед початком практичного заняття водій може виконувати короткий контрольний огляд транспортного засобу за визначеною послідовністю, перевіряючи основні елементи, від яких залежить безпека руху. Регулярне виконання такого огляду дозволить зробити технічну перевірку автомобіля звичною частиною роботи водія, а не окремим теоретичним завданням. У результаті майбутній водій краще розумітиме взаємозв'язок між технічним станом автомобіля та безпекою його експлуатації[3].

Таким чином, підготовка майбутніх водіїв повинна поєднувати знання Правил дорожнього руху, практичні навички керування та вміння контролювати технічний стан транспортного засобу. Одним із напрямів удосконалення навчального процесу є систематичне проведення контрольного огляду перед практичними заняттями з водіння, доповнене відпрацюванням простих технічних операцій та дій у разі виявлення несправностей. Такий підхід сприятиме формуванню практичних навичок і відповідального ставлення до технічного стану автомобілям

Список використаних джерел

1. Закон України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 № 1556-VII. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text
2. Державний стандарт професійно-технічної освіти ДСПТО 8322.ОІ.00.60.24-2012. Професія – водій автотранспортних засобів. Код – 8322. Спеціалізація: водіння автотранспортних засобів категорії «В». https://bplbrailov.com.ua/wp-content/uploads/2024/02/vodiy-avtotransportnikh-zasobiv-kategorii-vves1s1essed1-d1e-d-de.pdf

3. Про затвердження Типової навчальної програми підготовки та перепідготовки водіїв транспортних засобів : Постанова Кабінету Міністрів України від 02.03.2010 № 229. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/229-2010-%D0%BF#Text
4. Про затвердження Положення про порядок видачі посвідчень водія та допуску громадян до керування транспортними засобами : Постанова Кабінету Міністрів України від 08.05.1993 № 340. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/340-93-%D0%BF#Text

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ І VR-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРАКТИЧНОМУ НАВЧАННІ ВОДІННЮ АВТОМОБІЛЯ

Гнатенко Наталія
курсантка
Вишневська Наталія
старший викладач
Кафедра інженерного та технічного забезпечення охорони державного кордону
Національна академія Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького (військова частина 9960), Україна

Безпека дорожнього руху значною мірою залежить не лише від технічного стану автомобіля та якості дорожньої інфраструктури, а й від рівня підготовки самого водія. Особливе значення має формування у водія не тільки теоретичних знань, а й стійких практичних навичок, необхідних для правильного сприйняття дорожньої обстановки, прогнозування небезпечних ситуацій та своєчасного реагування на них.

В Україні підготовка водіїв охоплює знання Правил дорожнього руху, основ безпеки дорожнього руху, будови й експлуатації транспортних засобів, а також набуття вмінь і навичок керування автомобілем. Чинні нормативні документи розмежовують теоретичну та практичну підготовку, що створює передумови для пошуку ефективних способів їх поєднання [1; 2]. Водночас традиційна схема навчання, за якої курсант або учень переходить від теоретичного вивчення ПДР безпосередньо до автомобіля, не завжди дозволяє безпечно та багаторазово відпрацювати складні й небезпечні дорожні ситуації.

Саме тому перспективним напрямом розвитку автомобільної підготовки є використання сучасних тренажерних комплексів і технологій віртуальної реальності (Virtual Reality, VR). На відміну від звичайного навчального автомобіля, симулятор дає змогу створити контрольоване середовище, у якому можна багаторазово відпрацьовувати однакову вправу, змінювати дорожні умови та моделювати ситуації, які складно або небезпечно відтворити під час звичайного заняття.

Сучасний тренажерний комплекс може складатися з реального або наближеного до реального робочого місця водія, керма, педалей, коробки передач, системи візуалізації, аудіосистеми, комп'ютера з програмним забезпеченням і засобів реєстрації параметрів руху. Більш складні комплекси доповнюються рухомою платформою, системою тактильного або силового зворотного зв'язку, панорамною проєкцією та робочим місцем інструктора. VR-технологія, у свою чергу, додає ефект присутності: водій бачить віртуальне дорожнє середовище через шолом або окуляри, може оглядати простір навколо автомобіля та взаємодіяти з ним практично так, як у реальних умовах.

Сучасний стан досліджень підтверджує активний розвиток такого підходу. Систематичний огляд 74 емпіричних досліджень, опублікований у 2026 році, показав, що VR займає значне місце серед технологій, які застосовуються для дослідження та підвищення безпеки водіння. У вибірці VR становила 34 % усіх досліджених іммерсивних технологій і переважно використовувалася для роботи з тренажерами, формування навичок розпізнавання небезпек та аналізу поведінки водіїв. Результати огляду свідчать про позитивний потенціал VR щодо розвитку ситуаційної обізнаності, прийняття рішень та оцінювання поведінки водія у контрольованих умовах [3].

Особливий інтерес для автомобільної підготовки становить можливість безпосередньо поєднати VR-сценарій із вивченням Правил дорожнього руху. Наприклад, після опрацювання теми «Проїзд перехресть» у теоретичній частині заняття курсант може одразу перейти до віртуального тренажера та відпрацювати проїзд регульованого і нерегульованого перехрестя, вибір смуги руху, надання переваги, взаємодію з пішоходами та іншими учасниками дорожнього руху. Так само можна моделювати зупинку і стоянку, перестроювання, об'їзд перешкод, рух у щільному транспортному потоці, проїзд пішохідних переходів, залізничних переїздів або рух за несприятливих погодних умов.

Ще однією важливою перевагою є можливість цілеспрямовано формувати навичку прогнозування небезпеки. У тренажері можна створювати так звані приховані або потенційні небезпеки: дитину біля дороги, автомобіль, який починає виїжджати з другорядної дороги, пішохода, частково закритого припаркованим транспортним засобом, раптове відкриття дверей автомобіля чи появу перешкоди після повороту. Це має безпосереднє значення для початкової автомобільної підготовки, оскільки одним із завдань інструктора є не просто навчити керувати автомобілем, а сформувати звичку постійно «читати» дорогу на кілька секунд уперед.

Такий підхід особливо ефективний під час індивідуалізації навчання. Один учень може мати труднощі з вибором швидкості, інший - із перестроюванням, третій - із контролем простору праворуч і ліворуч під час маневру. Замість повторення всього заняття тренажер дозволяє сформувати персональний набір сценаріїв. У цьому випадку навчальний процес переходить від принципу «однакова вправа для всіх» до принципу «вправа відповідно до конкретної помилки».

Разом із тим використання VR має певні обмеження. Найважливіше з них полягає в тому, що віртуальне середовище не може повністю відтворити реальний автомобіль і дорогу. У реальному транспортному засобі водій відчуває прискорення, вібрації, роботу органів керування, вплив дорожнього покриття, реальні погодні умови та непередбачувану поведінку інших учасників руху.

Саме через це тренажер доцільно розглядати не як заміну практичного водіння, а як проміжну ланку між теорією та реальним автомобілем. Такий підхід відповідає сучасним результатам систематичних оглядів: симулятори можуть покращувати окремі навички, зокрема утримання смуги руху, регулювання швидкості та реакцію на стимули, однак доказів їхньої здатності повністю замінити реальну підготовку та забезпечити довготривалий ефект поки недостатньо. Тому найбільш доцільною є комбінована модель: вивчення ПДР → відпрацювання ситуації у тренажері → аналіз помилок → практичне виконання вправи на автомобілі → повторне тренування у разі потреби.

Таким чином, застосування сучасних тренажерних комплексів і VR-технологій відкриває нові можливості для автомобільної підготовки. Їх головна цінність полягає не просто у відтворенні процесу водіння, а у створенні керованого середовища для багаторазового формування практичних навичок, відпрацювання складних дорожніх ситуацій, розвитку прогнозування небезпек та об’єктивної оцінки дій водія. Найбільш ефективним є поєднання таких технологій із традиційною підготовкою з ПДР та практичним водінням. У такій моделі VR-тренажер стає своєрідним «містком» між знанням правил і готовністю застосувати їх у реальній дорожній обстановці, що може підвищити якість підготовки майбутніх водіїв та зробити навчальний процес більш безпечним, наочним і персоналізованим.

Список використаних джерел

1. Про Правила дорожнього руху : постанова Кабінету Міністрів України від 10 жовт. 2001 р. № 1306 : станом на 9 квіт. 2026 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text (дата звернення: 22.09.2026).
2. Про внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України щодо теоретичної та практичної підготовки водіїв : постанова Кабінету Міністрів України від 10 листоп. 2023 р. № 1218. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1218-2023-%D0%BF/ed20231122#Text (дата звернення: 22.09.2026).
3. He P., Bremner P., Booth C. A. Immersive technology for road safety: a systematic review of empirical studies. Virtual Reality. 2026. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-025-01295-x (дата звернення: 22.09.2026).

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОШКОДЖЕНЬ ПОВЕРХНІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Кирисов Ігор
доктор філософії (PhD), старший викладач
Лосенко Євген
здобувач вищої освіти
Кафедра електротехніки та електроенергетики
Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, Україна

Зростання встановленої потужності сонячних електростанцій зумовлює необхідність забезпечення їх високої енергетичної ефективності протягом усього періоду експлуатації. Одним із факторів, що безпосередньо впливають на продуктивність фотоелектричних систем, є технічний стан поверхні фотоелектричних модулів.

У процесі експлуатації поверхня модулів зазнає впливу атмосферних опадів, пилу, піску, граду, вітрового навантаження, ультрафіолетового випромінювання, температурних циклів та інших факторів. Унаслідок цього можуть виникати механічні пошкодження захисного скла, подряпини, тріщини, відколи, помутніння та забруднення поверхні. Пошкодження можуть зменшувати кількість сонячного випромінювання, що надходить до фотоелектричних елементів, а також спричиняти локальні температурні аномалії та прискорювати процеси деградації.

Пошкодження поверхні фотоелектричних модулів доцільно поділити на декілька основних груп: забруднення, механічні пошкодження захисного скла, тріщини та відколи, помутніння або зміна оптичних властивостей поверхневих матеріалів, а також дефекти, що виникають унаслідок тривалої експлуатації.

Одним із найбільш поширених факторів є забруднення поверхні. Осідання пилу, піску, органічних залишків та інших частинок призводить до зменшення оптичного пропускання поверхні модуля. Внаслідок цього зменшується інтенсивність сонячного випромінювання, яке досягає фотоелектричних елементів. Наслідком є зниження струму короткого замикання та максимальної вихідної потужності модуля.

Особливістю забруднення є його нерівномірний характер. Якщо забруднення розподілене по всій поверхні рівномірно, зменшення генерації може бути відносно пропорційним зниженню освітленості. Нерівномірне забруднення може призводити до появи локально затінених ділянок, через що виникають додаткові втрати та температурні неоднорідності.

Іншим важливим видом пошкоджень є механічні дефекти захисного скла. Подряпини, відколи та тріщини можуть змінювати оптичні властивості поверхні

та створювати додаткові області розсіювання сонячного випромінювання. У випадку значних пошкоджень можливе проникнення вологи до внутрішніх шарів модуля, що створює передумови для корозії металевих контактів, деградації герметизуючих матеріалів та погіршення електричних характеристик.

Особливу небезпеку становлять тріщини фотоелектричних елементів, які можуть бути пов'язані з механічними навантаженнями, градом, температурними циклами або технологічними дефектами. Частина тріщин не виявляється під час звичайного візуального огляду. Такі дефекти можуть призводити до електричного відокремлення частини фотоелемента та зменшення активної площі фотоперетворення.

Для оцінювання впливу пошкоджень доцільно використовувати комплекс електричних параметрів. Основними показниками є струм короткого замикання, напруга холостого ходу, максимальна потужність, струм і напруга в точці максимальної потужності, а також коефіцієнт заповнення вольт-амперної характеристики:

Найбільш важливим показником для сонячної електростанції є максимальна вихідна потужність, оскільки її зниження безпосередньо впливає на добовий, місячний та річний виробку електроенергії.

Для дослідження впливу пошкоджень доцільно проводити експериментальне порівняння характеристик справних і пошкоджених модулів за однакових або нормованих умов освітленості та температури. При цьому необхідно враховувати інтенсивність сонячного випромінювання, температуру модуля, спектральний склад випромінювання та напрямок падіння сонячних променів.

Одним із найбільш інформативних методів дослідження є аналіз вольт-амперних характеристик. Порівняння ВАХ дозволяє визначити зміни струму, напруги та максимальної потужності, пов'язані з пошкодженням. Додаткове використання інфрачервоної термографії дозволяє виявити локальні температурні аномалії, які можуть бути наслідком нерівномірного розподілу струму або появи локально затінених ділянок.

Для комплексної оцінки доцільно поєднувати результати візуального огляду, вимірювання ВАХ, термографічного обстеження та аналізу вироблення електроенергії. Такий підхід дозволяє встановити взаємозв'язок між типом пошкодження, його площею та зміною експлуатаційних характеристик.

Пошкодження поверхні фотоелектричних модулів є одним із факторів, що можуть знижувати ефективність роботи сонячної електростанції. Вплив пошкоджень фотоелектричних модулів проявляється через зменшення кількості сонячного випромінювання, що надходить до фотоелектричних елементів, виникнення локальних температурних аномалій та поступову деградацію конструктивних і електричних компонентів.

Для кількісного оцінювання впливу пошкоджень доцільно використовувати комплексний підхід, що передбачає аналіз візуального стану поверхні, вольт-амперних характеристик, термографічних даних та фактичного вироблення електроенергії.

Список використаних джерел

1. Кирисов І. Г., Хом'як Е. А., Буданов П. Ф., Бровко К. Ю. Підходи та вимоги до моделювання структури напівпровідникового шару сонячного елемента. Вісник ВПІ. 2022. Вип. 1. С. 35–38. https://doi.org/10.31649/1997-9266-2022-160-1-35-38.
2. Кирисов І. Г., Буданов П. Ф. Методи досліджень поглинаючої поверхні сонячних елементів Збірник наукових праць «Машинобудування». УІПА. 2022. № 29. С. 104–117. https://doi.org/10.32820/2079-1747-2022-29-104-117.
3. Мельников В. Є. Дослідження характеристик сонячного елемента при пошкодженні поверхні фотоелектричного модуля. Машинобудування. 2023. №32. С. 72-79. DOI: https://doi.org/10.32820/2079-1747-2023-32-72-79 URL: https://jmash.uipa.edu.ua/index.php/jMASH/article/view/314/239

ДІАГНОСТИКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Кирисов Ігор
PhD, старший викладач
Олійников Павло
здобувач вищої освіти
Ліхван Владислав
здобувач вищої освіти
Кафедра електротехніки та електроенергетики
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Україна

Розвиток сонячної енергетики супроводжується збільшенням кількості та встановленої потужності фотоелектричних електростанцій. Водночас тривала експлуатація фотоелектричних модулів супроводжується поступовою деградацією їх конструктивних та електричних характеристик. На технічний стан модулів впливають температурні цикли, ультрафіолетове випромінювання, вологість, механічні навантаження, забруднення поверхні, часткове затінення та інші фактори.

Найбільш поширеними дефектами є мікротріщини фотоелектричних елементів, гарячі точки, пошкодження струмопровідних з'єднань, деградація контактів, розшарування, корозія, зміна кольору матеріалів, PID-деградація та механічні пошкодження. Частина таких дефектів на початкових етапах не виявляється під час звичайного візуального огляду, але може призводити до поступового зменшення енергетичної ефективності та скорочення терміну експлуатації обладнання. Сучасні дослідження наголошують на необхідності раннього виявлення таких дефектів і переходу до автоматизованого моніторингу технічного стану фотоелектричних систем.

Традиційна діагностика фотоелектричних модулів передбачає візуальний огляд, вимірювання напруги холостого ходу, струму короткого замикання та вольт-амперних характеристик. Такі методи залишаються важливою складовою технічного контролю, однак їх доцільно доповнювати методами, які забезпечують локалізацію дефектів.

Одним із найбільш перспективних методів є інфрачервона термографія (IRT). Метод ґрунтується на реєстрації температурного розподілу поверхні фотоелектричного модуля. Локальне підвищення температури може бути ознакою гарячої точки, дефекту фотоелектричного елемента, пошкодження контактного з'єднання або інших несправностей. Перевагою термографії є можливість безконтактного обстеження модулів без їх демонтажу.

Особливо перспективним є використання БПЛА з інфрачервоними камерами. Такий підхід дозволяє швидко обстежувати значну кількість модулів на території сонячної електростанції. Дослідження показують можливість автоматизованого аналізу аеротермографічних даних із використанням алгоритмів машинного навчання. Водночас на якість результатів впливають висота польоту, кут нахилу камери, просторова роздільна здатність та точність геоприв'язки.

Іншим важливим методом є електролюмінесцентна (EL) діагностика. Вона дає змогу виявляти мікротріщини, порушення електричних контактів, дефекти окремих фотоелементів та інші структурні пошкодження. EL-зображення мають високу інформативність при аналізі стану фотоелектричних елементів, проте традиційне застосування методу вимагає створення спеціальних умов і тому є складнішим для безпосереднього використання на діючій сонячній електростанції.

Перспективним напрямом є аерофотолюмінесцентна та аероелектролюмінесцентна діагностика, яка дає можливість поєднати переваги EL-контролю з високою швидкістю обстеження великих площ фотоелектричних модулів. Дослідження цього напряму показують можливість виявлення тріщин, шунтування та інших дефектів фотоелектричних модулів із використанням повітряних платформ.

RGB-фото- та відеодіагностика може використовуватися для виявлення забруднення поверхні, механічних пошкоджень, тріщин скла, зміни кольору, затінення та інших зовнішніх дефектів. Поєднання RGB- та інфрачервоних зображень дозволяє отримувати більш повну інформацію про стан модуля. Сучасні дослідження розглядають мультимодальне поєднання IRT, EL та RGB як один із перспективних напрямів розвитку автоматизованої діагностики.

Подальше підвищення ефективності діагностики можливе завдяки використанню методів машинного та глибокого навчання. Алгоритми CNN та інші моделі комп'ютерного зору можуть автоматично розпізнавати характерні ознаки дефектів на термографічних, електролюмінесцентних та звичайних зображеннях.

Огляд сучасних досліджень показує, що методи глибокого навчання активно застосовуються для класифікації таких дефектів, як мікротріщини,

корозія, розшарування, зміна кольору, пошкодження скла та несправності контактних з'єднань. Водночас практичне застосування таких алгоритмів потребує достатньої кількості якісних маркованих даних, а також врахування відмінностей між лабораторними та реальними умовами експлуатації.

За результатами сучасних досліджень саме інфрачервона аеротермографія є одним із найбільш практичних інструментів для регулярного обстеження великих сонячних електростанцій, тоді як EL доцільніше використовувати для поглибленої діагностики окремих модулів або підтвердження характеру виявленого дефекту.

На основі аналізу сучасних методів доцільно сформувати багаторівневу систему діагностики:

1. Постійний моніторинг - контроль напруги, струму, потужності, температури та інших експлуатаційних параметрів.

2. Періодичне обстеження - автоматизована RGB- та інфрачервона зйомка модулів із використанням БПЛА.

3. Автоматичний аналіз - застосування алгоритмів машинного навчання для виявлення та класифікації аномалій.

4. Поглиблена діагностика - проведення EL-дослідження, вимірювання ВАХ та інших випробувань для модулів, у яких виявлено відхилення.

5. Прогнозування технічного стану - накопичення результатів діагностики та визначення тенденцій деградації для прогнозування необхідності технічного обслуговування.

Проведений аналіз показує, що розвиток систем технічної діагностики фотоелектричних модулів відбувається у напрямі підвищення автоматизації, безконтактності та масштабованості контролю.

Найбільш перспективними для експлуатації сонячних електростанцій є інфрачервона термографія, діагностика з використанням БПЛА, комп'ютерний аналіз RGB-зображень, електролюмінесцентна діагностика та алгоритми машинного навчання. При цьому жоден із методів не забезпечує повної діагностики всіх можливих дефектів, тому найбільш обґрунтованим є комплексне використання декількох діагностичних методів.

Перспективним напрямом подальших досліджень є розроблення системи автоматизованої діагностики, яка поєднуватиме дані IRT, RGB, EL та електричних вимірювань. Використання мультимодального аналізу та штучного інтелекту може забезпечити не лише виявлення дефектів, а й їх класифікацію, локалізацію та оцінювання впливу на виробіток електроенергії.

Список використаних джерел

1. Кирисов І. Г., Буданов П. Ф. Методи досліджень поглинаючої поверхні сонячних елементів Збірник наукових праць «Машинобудування». УІПА. 2022. № 29. С. 104–117. https://doi.org/10.32820/2079-1747-2022-29-104-117.

2. Мельников В. Є. Дослідження характеристик сонячного елемента при пошкодженні поверхні фотоелектричного модуля. Машинобудування. 2023.

№32. С. 72-79. DOI: https://doi.org/10.32820/2079-1747-2023-32-72-79 URL: https://jmash.uipa.edu.ua/index.php/jMASH/article/view/314/239

3. Ali M. U., Zafar A., Kim K. S. Imaging based fault diagnosis of photovoltaic modules: a systematic review. Solar Energy. 2026. Vol. 314. Article 114679. DOI: 10.1016/j.solener.2026.114679.

4. Rahman M. M., Srivastava A. K. Detection, classification, and localization of faults and failures in photovoltaic arrays: a review, comparative analysis, and path forward. Discover Energy. 2026. Vol. 6. Article 26.

5. Jalal M., Khalil I. U., ul Haq A. Deep learning approaches for visual faults diagnosis of photovoltaic systems: State-of-the-Art review. Results in Engineering. 2024. Vol. 23. Article 102622. DOI: 10.1016/j.rineng.2024.102622.

6. Defect inspection of photovoltaic solar modules using aerial electroluminescence (EL): A review. Solar Energy Materials and Solar Cells. 2024. Vol. 278. Article 113210.

7. A comprehensive review of infrared thermography and deep learning applications for solar photovoltaic systems. Infrared Physics & Technology. 2025. Vol. 148. Article 105878.

8. Data Quality Analyses for Automatic Aerial Thermography Inspection of PV Power Plants. IEEE Journal of Photovoltaics. 2025. Vol. 15, No. 5. P. 722–731. DOI: 10.1109/JPHOTOV.2025.3587297.

Section: Veterinary Medicine

«ДЕРЕВО ЕКСПЕРТНИХ РІШЕНЬ» ЯК ІНСТРУМЕНТ АЛГОРИТМІЗАЦІЇ СУДОВО-ЕКСПЕРТНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ІКРИ РИБ

Яценко Іван
доктор вет. наук, доктор юрид. наук, професор
лабораторія фізичних, хімічних, біологічних та ветеринарних досліджень,
Національний науковий центр «Інститут судових експертиз
ім. Засл. проф. М.С. Бокаріуса», м. Харків, Україна,
Кафедра нормальної та патологічної морфології
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
Козакова Нінель
здобувач ступеня доктора філософії
Кафедра нормальної та патологічної морфології,
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Анотація. Розроблене «Дерево експертних рішень» для судово-експертного дослідження ікри риб, яке реалізується у формі умовно-розгалуженого алгоритму. Він включає 14 взаємообумовлених питань – починаючи з ідентифікації природи продукту та видової її приналежності та закінчуючи інтегральною оцінкою її якості, безпечності та придатності для споживання.

Ключові слова: ікра риб, судова експертиза, алгоритмізація, експертні завдання.

Вступ. Судова експертиза ікри риб характеризується багатоетапністю, який включає розв'язання різноманітних взаємопов'язаних завдань з ідентифікації, діагностики та оцінювання різноманітних ситуаційних аспектів. Одним із важливих завдань є з'ясування природи ікри риб та визначення її видової належності, оцінювання компонентного складу та натуральності [1]. Поміж лабораторних методів проводиться дослідження органолептичних, фізичних і фізико-хімічних, мікробіологічних, токсикологічних її характеристик [2, 3]. Це є необхідним для виявлення ознак змін та псування, а також з'ясування можливих причин їх виникнення.

Важливим етапом судово-експертного дослідження ікри риб є оцінка відповідності отриманих характеристик вимогам нормативних та нормативно-технічних документів, маркуванню, вимогам якості, безпечності та придатності до споживання [4].

Вирішення цих завдань не завжди може бути реалізовано за простим лінійним алгоритмом дослідження і оцінювання. Результати кожної попередньої стадії можуть змінити обсяг, зміст і межі наступного судово-експертного дослідження [5]. Негативний, неоднозначний або неповний результат у

визначенні ікри риб, його її видової належності або компонентного складу може перешкоджати розв'язанню окремих подальших експертних питань або обумовити інший напрям дослідження [6]. Тож важливо розробити модель алгоритму судово-експертного дослідження, оцінювання та приймати проміжних та остаточних рішень на основі реально встановлених результатів.

Один із напрямів алгоритмізації є розробка «Дерева експертних рішень». Ця модель передбачає умовно-розгалужений процес дослідження ікри риб. Застосування такої експертної моделі спрямоване на дотримання поетапного порядку та логічності дослідження ікри риб, аргументацію проміжних та підсумкових висновків, а також на забезпечення відповідності висновків судового експерта фактично встановленим даним.

Мета дослідження – сформувати та обґрунтувати алгоритм «Дерева експертних рішень» для судово-експертного дослідження об'єктів, представлених ікрою риб.

Результати дослідження. За результатами авторських багатовекторних досліджень червоної ікри лососевих риб розроблено «Дерево експертних рішень». Запропонований підхід передбачає логічний перехід від її ідентифікації та встановлення видової належності до інтегрованої оцінки складу, властивостей, якості, безпечності та придатності ікри риб до споживання.

«Дерево експертних рішень» посилить методичну складову судово-експертного дослідження ікри риб, адже запропонована питальна система вже побудована від ідентифікаційного до оціночно-синтезуючого блоку. Особливістю запропонованої алгоритмічної моделі є послідовне вирішення експертних завдань, а також урахування результату кожного попереднього етапу. Тож схарактеризуємо її.

1. Що являє собою наданий на дослідження продукт? Чи є він ікрою риб?

А) Так, є ікрою риб → перехід до встановлення видової належності (питання 2).

Б) Ні → подальше дослідження змінює спрямованість на встановлення фактичної природи, складу та характеристик ікри риб. Питання, предметом яких є саме ікра риб, у первинному формулюванні можуть втрачати предмет дослідження.

В) Неможливо встановити → зазначаємо причини неможливості категоричної ідентифікації та визначаємо, чи можуть додаткові методи дослідження забезпечити розвязання питання.

2. Яка видова належність досліджуваної ікри риб?

А) Вид установлено → результат стає фактичною основою для питання 3.

Б) Установлено лише рід, родину або інший таксономічний рівень → висновок експерта формулюють у межах реально досягнутого рівня ідентифікації; подальше порівняння з маркуванням здійснюють з урахуванням цієї межі.

В) Видову належність установити неможливо → зазначають межі застосованих методів; категоричний висновок судового експерта про видову належність заявленому виду не формулюють.

3. Чи відповідає встановлена видова належність інформації про її видову належність, зазначеній у маркуванні та наданих документах виробника?

А) Відповідає → констатують фактичну відповідність.

Б) Не відповідає → деталізують установлену розбіжність: яку видову належність ікри риб заявлено і яку фактично встановлено.

В) Неможливо порівняти → зазначають причину: недостатній рівень таксономічної ідентифікації, відсутність/неповнота маркування чи документів тощо.

4. Який фактичний компонентний склад досліджуваного продукту?

А) Склад установлено → отримані дані використовують для подальшої оцінки.

Б) Установлено частково → зазначають компоненти, які достовірно ідентифіковано, а також конкретизують межі дослідження.

В) Установити неможливо → питання 5–6 можуть бути розв'язані лише в тих межах, в яких можна фактично отримати результати.

5. Чи містить досліджена ікра риб компоненти, не зазначені в її маркуванні та наданих документах виробника?

А) Так → установлюють і деталізують незаявлені компоненти.

Б) Ні → констатують відповідність у межах досліджених компонентів.

В) Неможливо встановити → формулюють відповідне обмеження висновку: у ймовірній формі або у формі «не уявляється можливим».

6. Чи є досліджуваний продукт натуральною ікрою риб?

А) Так → подальше дослідження проводять як натуральної ікри.

Б) Ні → визначають фактично встановлені ознаки, що обґрунтовують такий висновок; подальші питання вирішують з урахуванням фактичної природи продукту.

В) Неможливо встановити → зазначають методичні або об'єктні обмеження.

7. Якими є фактично встановлені органолептичні, фізичні та фізико-хімічні показники досліджуваної ікри риб?

А) Установлюють конкретні показники → вони утворюють фактичну основу для питань 8, 9, 11, 13 і 14.

Б) Окремі показники встановити неможливо → це обмеження обов'язково враховують під час наступних інтегральних оцінок.

8. Які зміни органолептичних, фізичних, фізико-хімічних та інших властивостей досліджуваної ікри риб встановлено?

А) Зміни відсутні → відсутні фактичні підстави характеризувати ікру риб за відповідними дослідженими показниками як змінена.

Б) Зміни встановлено → визначають їх характер, вираженість і сукупність та переходять до питання 9.

В) Неможливо достовірно оцінити → висновок експерта обмежують фактично отриманими результатами.

9. Чи є сукупність установлених змін властивостей дослідженої ікри риб ознаками її псування?

А) Так → з'ясовують конкретні ознаки псування та переходять до причиново-факторного аналізу (питання 10).

Б) Ні → установлені зміни не пояснюють як ознаки псування за дослідженими показниками.

В) Неможливо встановити → не роблять категоричного висновку про наявність або відсутність псування.

10. Які чинники могли зумовити встановлені зміни властивостей досліджуваної ікри риб, зокрема, чи могли такі зміни бути пов'язані з умовами її зберігання та/або транспортування?

А) Установлено науково обґрунтований зв'язок → визначають чинник або їх сукупність, сумісних із характером установлених змін.

Б) Можливі декілька чинників → наводять допустимі альтернативи та межі їх диференціації.

В) Причинний чинник установити неможливо → не надають категоричного висновку експерта, а формують ймовірний висновок.

11. Чи відповідають фактично встановлені характеристики і показники дослідженої ікри риб вимогам нормативно-правових та нормативно-технічних документів?

А) Відповідають → зазначають відповідність досліджених показників.

Б) Не відповідають → конкретизують показник, його фактичне значення та критерій, якому він не відповідає.

В) Неможливо оцінити → вказують відсутність застосовного критерію, неможливість визначення відповідного показника або іншу об'єктивну причину.

12. Чи відповідає сукупність фактично встановлених характеристик дослідженої ікри риб інформації, заявленій у маркуванні та наданих документах виробника?

А) Відповідає → констатують фактичну відповідність у дослідженому обсязі.

Б) Не відповідає → безпосередньо зазначають, що заявлено і що фактично визначено.

В) Неможливо встановити → вказують, які саме дані відсутні або які характеристики не могли бути перевірені.

13. Чи відповідає досліджена ікра риб встановленим вимогам щодо якості та безпечності?

А) Відповідає за дослідженими показниками → складають відповідний висновок із зазначенням меж проведених експертних досліджень.

Б) Не відповідає → деталізують конкретні показники, за якими визначено невідповідність.

В) Недостатньо даних для інтегральної оцінки → категоричний висновок щодо якості та/або безпечності не формулюють.

14. Чи є досліджувана ікра риб придатною до споживання за сукупністю фактично встановлених показників її якості, безпечності та санітарного стану?

А) Придатна → категоричний висновок формують за умови, коли сукупність фактично отриманих результатів є достатньою для відповідної комплексної оцінки;

Б) Непридатна → конкретизують встановлені ознаки та показники, які обґрунтовують такий висновок.

В) Неможливо встановити → якщо обсяг проведених досліджень не дає достатньої фактичної основи для категоричної оцінки придатності до споживання.

Таким чином, запропоноване «Дерево експертних рішень» є цілісною алгоритмічною моделлю судово-експертного дослідження ікри риб. Вона грунтується на принципі послідовного переходу від установлення природи об'єкта дослідження до його інтегральної оцінки. В основу розробленої нами експертної моделі покладено 14 взаємообумовлених питань, які охоплюють:

– ідентифікацію продукту;

– установлення її видової належності та відповідності маркуванню;

– визначення фактичного компонентного складу, наявності незаявлених компонентів і натуральності продукту;

– дослідження органолептичних, фізичних та фізико-хімічних показників;

– установлення змін властивостей та ознак псування;

– з'ясування можливих чинників таких змін;

– оцінювання відповідності нормативним вимогам і заявленій інформації;

– визначення якості, безпечності та придатності ікри риб до споживання.

Визначальною особливістю запропонованої моделі є її умовно-розгалужений характер. На відміну від загально прийнятого переліку питань, «Дерево експертних рішень» передбачає, що результат кожного попереднього етапу визначає характер подальшого напряму дослідження. Встановлення достовірного результату створює фактичну основу для переходу до розв'язання наступного питання. Проте негативний результат може бути підставою для корегування напряму або предмета подальшого дослідження. Зазначаємо, що невизначений результат обумовлює необхідність урахування методичних або об'єктних обмежень та звуження меж наступних висновків.

Важливим ключовим принципом розробленої нами експертної моделі є поєтапне формування інформаційної основи доказовості висновку. Отримані результати первинної ідентифікації та об'єктивне визначення видової належності ікри риб становлять основу для перевірки її відповідності маркуванню. Також результати дослідження компонентного складу є підставою для встановлення незаявлених компонентів і натуральності продукту. Органолептичні, фізичні та фізико-хімічні показники необхідні для оцінювання змін властивостей ікри риб, ознак її псування й відповідності нормативним критеріям.

Інтегральний характер мають завершальні питання щодо якості, безпечності та придатності до споживання. Вони можуть вирішуватися лише за наявності достатньої сукупності фактичних результатів попередніх етапів.

Отже, «Дерево експертних рішень» виконує не лише алгоритмічну, а й контрольну функцію, оскільки дає змогу співвідносити кожний наступний висновок із фактичною основою, сформованою на попередніх етапах дослідження. Це зменшує ризик необгрунтованого формулювання категоричних висновків, якщо він базується на недостатній базі вихідний даних, якими є результати лабораторних досліджень або належні нормативні критерії.

Висновки. Розроблене «Дерево експертних рішень» для судово-експертного дослідження ікри риб реалізується у формі умовно-розгалуженого алгоритму. Він включає 14 взаємообумовлених питань – починаючи з ідентифікації природи продукту та видової приналежності ікри риб і закінчуючи інтегральною оцінкою її якості, безпечності та придатності для споживання. Кожен наступний етап залежить від результатів попереднього: підтверджувальний результат дає змогу перейти до вирішення наступного завдання. Проте результат, що не підтверджує досліджувану ознаку, може змінити вектор подальшого дослідження, а невизначений обмежує можливість формулювання висновку експерта у категоричній формі.

Тож застосування «Дерева експертних рішень» в судово-експертній практиці дослідження ікри риб гарантує логічну узгодженість експертних процедур, поетапне формування фактичних даних для заключних висновків, визначення їх категоричності та недопущення формулюванню висновків, не підтверджених отриманими результатами дослідження.

Список використаних джерел

1. Farag M. A., Abib B., Tawfik S., Shafik N., Khattab A. R. Caviar and fish roe substitutes: Current status of their nutritive value, bio-chemical diversity, authenticity and quality control methods with future perspectives. Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 110. P. 405–417. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.02.015.
2. Ghelichi S., Hajfathalian M., Bekhit A. E.-D. A. Caviar: processing, composition, safety, and sensory attributes. In: Bekhit A. E.-D. A. (Ed.). Fish Roe: Biochemistry, Products, and Safety. Academic Press, Elsevier. 2022. P. 183–209. DOI: 10.1016/B978-0-12-819893-3.00006-0.
3. Козакова Н. О., Яценко І. В. Виявлення фальсифікації зернистої ікри лососевих риб за вмістом крохмалю. Науковий вісник ветеринарної медицини, 2025. № 1. С. 6–18. DOI: 10.33245/2310-4902-2025-196-1-6-18.
4. Sybirna R., Tymchuk H. Falsification of Food Products in the Markets and their Examination. Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series: Legal Sciences. 2025. 12(1(45)), Pp. 213–219. DOI: 10.23939/law2025.45.213.
5. Saadat S., Pandya H., Dey A., Rawtani D. Food forensics: Techniques for authenticity determination of food products. Forensic Science International. 2022. Vol. 333. Article 111243. DOI: 10.1016/j.forsciint.2022.111243.
6. Kozakova N., Bui O., Yatsenko I. FTIR spectroscopy as a tool for rapid detection of salmon caviar adulteration. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2026, 17(8), e26150. doi:10.15421/0226150.

DOI 10.70286/EOSS-05.10.2026.013.389-395

БІОБЕЗПЕКА ТА БІОЗАХИСТ У ВЕТЕРИНАРНИХ ЛАБОРАТОРІЯХ

Бричук Софія
здобувачка вищої освіти, магістр
Науковий керівник:
Люта Ірина
асистентка
Кафедра біотехнології та біоінженерії
https://orcid.org/0000-0002-1672-2337
Миколаївський національний аграрний університет, Україна

Анотація. У статті розглянуто сучасні підходи до забезпечення біобезпеки та біозахисту у ветеринарних лабораторіях. Визначено значення оцінювання біологічних ризиків під час роботи з патологічним матеріалом, культурами мікроорганізмів, зразками крові, тканин, фекалій та іншими потенційно небезпечними матеріалами. Охарактеризовано основні елементи системи управління біологічними ризиками: оцінювання ризику, організацію лабораторних приміщень, використання засобів індивідуального та колективного захисту, безпечну роботу з обладнанням, дезінфекцію, деконтамінацію та поводження з біологічними відходами. Окрему увагу приділено біозахисту, який передбачає контроль доступу, облік і зберігання біологічних матеріалів, запобігання їх втраті, крадіжці, несанкціонованому використанню або навмисному поширенню. Розглянуто роль навчання персоналу, стандартних операційних процедур, культури безпеки та реагування на аварійні ситуації. Наведено нормативні підходи України, рекомендації ВООЗ і Всесвітньої організації охорони здоров'я тварин (WOAH), а також положення міжнародного стандарту ISO 35001. Обґрунтовано, що ефективна система біобезпеки та біозахисту повинна бути не окремим набором правил, а постійним процесом управління ризиками, інтегрованим у всі етапи роботи ветеринарної лабораторії.

Ключові слова: біобезпека, біозахист, ветеринарна лабораторія, біологічний ризик, діагностика, деконтамінація, біологічні відходи, засоби індивідуального захисту.

Постановка проблеми. Ветеринарні лабораторії відіграють значну роль у попередженні, виявленні та контролі інфекційних захворювань тварин. Під час виконання діагностичних досліджень фахівці працюють із різними видами біологічного матеріалу, у якому можуть міститися патогенні мікроорганізми, паразити, токсичні речовини та інші потенційно небезпечні біологічні агенти. Окремі з них становлять загрозу не лише для здоров'я тварин, а й для людини, особливо у випадках захворювань, спільних для людей і тварин. У зв'язку з цим забезпечення належного рівня безпеки під час лабораторних досліджень є

важливою умовою захисту працівників, тварин, населення та навколишнього середовища.

Сучасне розуміння біобезпеки передбачає не лише дотримання встановлених інструкцій і правил, а передусім попереднє визначення можливих ризиків, пов'язаних із конкретною лабораторною процедурою. У четвертому виданні Laboratory Biosafety Manual Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендує використовувати ризик-орієнтований підхід. Відповідно до нього необхідні заходи безпеки обираються залежно від характеристик біологічного агента, особливостей запланованої процедури, можливих шляхів контакту або впливу, наявного обладнання та умов, у яких проводиться робота [1,10]. У ветеринарній сфері зазначений підхід доповнюється рекомендаціями WOAH, спрямованими на управління біологічними ризиками у ветеринарних лабораторіях і приміщеннях, призначених для утримання лабораторних тварин [2].

В Україні питання безпеки працівників під час роботи з біологічними агентами регулюються Кодексом законів про працю, Законом «Про охорону праці», Законом «Про систему громадського здоров'я», а також спеціальними підзаконними актами Міністерства охорони здоров'я. Останні поширюються, зокрема, на діагностичні лабораторії та приміщення для лабораторних тварин, де можливий контакт із біологічними агентами 2, 3 або 4 групи небезпеки [3,12].

Поняття біобезпеки та біозахисту тісно пов'язані між собою, однак мають різне функціональне призначення. Біобезпека передбачає комплекс заходів, основною метою яких є недопущення випадкового інфікування працівників, забруднення лабораторного середовища та ненавмисного поширення біологічного агента за межі приміщення або контрольованої території. Біозахист, у свою чергу, орієнтований на недопущення несанкціонованого доступу до біологічних матеріалів, їх втрати, викрадення або навмисного використання не за призначенням. Отже, одночасне застосування заходів біобезпеки та біозахисту створює комплексну систему контролю й управління біологічними ризиками у ветеринарній лабораторії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних міжнародних документах біобезпека розглядається як комплекс інженерних, адміністративних і практичних заходів, що мають відповідати реальному рівню ризику. WHO LBM4 виділяє оцінювання ризиків, належну мікробіологічну практику, стандартні операційні процедури, навчання персоналу, використання засобів захисту, деконтамінацію та управління програмою біобезпеки як взаємопов'язані компоненти [6]. WOAH окремо підкреслює значення біобезпеки та біозахисту для ветеринарних лабораторій, оскільки лабораторна діяльність може створювати ризик експонування людей, тварин і навколишнього середовища [2].

Постановка завдання. Метою роботи є узагальнення сучасних принципів біобезпеки та біозахисту у ветеринарних лабораторіях, визначення основних джерел біологічного ризику та характеристика практичних заходів щодо його зниження.

Для досягнення поставленої мети необхідно: охарактеризувати основні поняття біобезпеки та біозахисту; розглянути принципи оцінювання біологічного ризику; визначити вимоги до організації робочого простору та використання засобів захисту; охарактеризувати правила поводження із зразками та біологічними відходами; визначити значення навчання персоналу, контролю доступу та реагування на аварійні ситуації.

Основний матеріал дослідження. Ветеринарна лабораторія працює з різноманітним матеріалом: кров'ю, сироваткою, мазками, фекаліями, сечею, тканинами, органами, трупним матеріалом, виділеннями тварин, культурами мікроорганізмів та іншими зразками. Рівень небезпеки кожного матеріалу залежить від ймовірної наявності збудника, його властивостей та способу проведення дослідження. Особливу увагу слід приділяти процедурам, під час яких можуть утворюватися аерозолі або бризки: центрифугуванню, відкриванню контейнерів, гомогенізації тканин, роботі з рідинами під тиском, прибиранню розлитого матеріалу тощо [1,5].

Першим етапом забезпечення безпеки є оцінка ризику. Вона повинна проводитися до початку роботи та враховувати щонайменше біологічний агент, джерело і концентрацію матеріалу, шляхи можливого впливу, процедуру, обладнання, кваліфікацію персоналу та умови приміщення. Результатом оцінювання має бути вибір відповідних заходів контролю ризику. Важливо, що один і той самий мікроорганізм може становити різний ризик залежно від того, чи виконується звичайне дослідження неінфекційного матеріалу, чи культивування збудника у великій кількості. Саме тому сучасний підхід відходить від формального застосування однакового набору заходів до всіх лабораторних процедур [10].

Одним із ключових компонентів біобезпеки є правильне зонування лабораторії. Потенційно забруднені зони повинні бути організовані так, щоб мінімізувати перехресне забруднення та неконтрольоване переміщення матеріалу. Необхідно чітко розділяти чисті та робочі ділянки, визначати маршрути персоналу і зразків, обмежувати доступ сторонніх осіб. Важливими є належне освітлення, вентиляція, можливість проведення вологого прибирання, доступність засобів для дезінфекції та місць для безпечного зберігання матеріалів [4].

Значну роль відіграють первинні бар'єри. До них належать біологічні шафи безпеки, герметичні ротори та контейнери для центрифуг, закриті системи для роботи із зразками та інше обладнання, яке зменшує можливість контакту персоналу з небезпечним матеріалом. Вибір конкретного засобу захисту повинен відповідати оціненому ризику та характеру процедури [5].

Засоби індивідуального захисту є важливою, але не єдиною ланкою системи біобезпеки. Залежно від характеру роботи можуть використовуватися лабораторний одяг, рукавички, захист очей або обличчя, маски чи респіратори та інші засоби. Їх застосування має бути обґрунтоване оцінкою ризику. Не менш важливо правильно знімати засоби захисту, не допускаючи перенесення

забруднення на шкіру, одяг або навколишні поверхні. Одноразові засоби після використання повинні бути утилізовані відповідно до встановленого порядку, а багаторазові — належним чином очищені та знезаражені [11].

Безпечна робота з біологічним матеріалом починається ще до його надходження до лабораторії. Зразки повинні бути правильно ідентифіковані, упаковані та транспортовані. Порушення герметичності контейнера, неправильне маркування або недостатня упаковка можуть створити ризик для працівників на всіх етапах переміщення матеріалу. WOAH включає вимоги щодо збору, подання та транспортування діагностичних зразків до загальних стандартів ветеринарної лабораторної діяльності [2].

Окремого значення набуває деконтамінація. Робочі поверхні, обладнання та інструменти повинні очищуватися і дезінфікуватися відповідно до затверджених процедур. Ефективність знезараження залежить від виду збудника, концентрації органічних речовин, часу контакту, температури та властивостей конкретного дезінфекційного засобу. Тому універсальне застосування одного засобу без урахування цих факторів не може гарантувати належного рівня безпеки [6]. Для випадків розливу біологічного матеріалу лабораторія повинна мати чітку процедуру, яка визначає порядок ізоляції ділянки, використання засобів захисту, збору матеріалу, дезінфекції та повідомлення відповідальної особи.

Важливим компонентом є поводження з біологічними відходами. До них можуть належати використані пробірки, наконечники, рукавички, серветки, культури, залишки патологічного матеріалу та інші предмети, що були в контакті з потенційно інфікованими зразками. Відходи необхідно збирати окремо, не допускати їх накопичення на робочому місці та проводити знезараження або передавання на подальше поводження відповідно до встановлених вимог [7]. Безпечне поводження з відходами зменшує ризик вторинного зараження персоналу та забруднення навколишнього середовища.

Не менш важливою є безпека при роботі з гострими предметами. Голки, скальпелі, леза, предметні скельця та інші гострі предмети можуть одночасно становити механічну небезпеку і бути шляхом передачі інфекційного агента. Для них мають використовуватися спеціальні стійкі до проколювання контейнери, а персонал повинен дотримуватися правил безпечного поводження. Випадковий укол або поріз необхідно розглядати як лабораторний інцидент, який потребує негайного реагування та документування.

Біозахист доповнює біобезпеку заходами контролю доступу і матеріальних ресурсів. Лабораторія повинна визначати осіб, які мають право працювати з певними категоріями матеріалів, та забезпечувати належний облік їх отримання, використання, зберігання і передачі. Особливе значення має фізична безпека приміщень, контроль доступу до зон зберігання, захист документації та інформації, а також своєчасне повідомлення про втрату матеріалу або порушення встановленого режиму [2, 8].

Система біобезпеки та біозахисту не може бути ефективною без підготовленого персоналу. Працівники повинні знати властивості біологічних

агентів, можливі шляхи зараження, правила використання обладнання, вимоги до засобів індивідуального захисту, порядок деконтамінації та алгоритм дій у разі аварії. Навчання має проводитися не лише під час прийняття на роботу, а й періодично, з урахуванням змін у методиках, обладнанні та ризиках [1, 4]. Практичні тренування є важливою частиною підготовки, оскільки дозволяють перевірити, чи здатен працівник правильно діяти в умовах розливу, пошкодження контейнера, відмови обладнання або іншого інциденту.

Особливе значення має формування культури безпеки. Вона передбачає, що дотримання правил є невід'ємною частиною професійної роботи, а повідомлення про помилки та інциденти використовується для вдосконалення системи, а не лише для покарання працівника. ВООЗ наголошує на важливості своєчасного повідомлення про інциденти та їх розслідування з подальшим упровадженням коригувальних заходів [1]. Для ветеринарної лабораторії це особливо актуально, оскільки джерелом небезпеки може бути не тільки лабораторний штам, а й невідомий заздалегідь збудник у діагностичному матеріалі.

Стандартні операційні процедури (SOP) мають описувати безпечне виконання основних лабораторних операцій. До них доцільно віднести приймання та реєстрацію зразків, їх маркування, відкривання контейнерів, підготовку матеріалу, центрифугування, мікроскопію, культивування, молекулярні дослідження, дезінфекцію, поводження з відходами та завершення роботи. SOP повинні бути доступними працівникам, регулярно переглядатися та відповідати фактичним умовам лабораторії.

Інженерні заходи також мають велике значення. Надійність вентиляції, справність обладнання, регулярне технічне обслуговування, перевірка біологічних шаф безпеки, центрифуг та іншої техніки впливають як на безпеку, так і на якість результатів досліджень. WOAH зазначає, що обладнання може бути шляхом експонування та виходу біологічних агентів із лабораторного середовища, тому адміністративні, операційні та інженерні засоби контролю повинні бути складовою програми управління біологічним ризиком [2].

Перспективним підходом до системного управління ризиками є ISO 35001:2019 «Biorisk management for laboratories and other related organisations». Стандарт визначає процес ідентифікації, оцінювання, контролю та моніторингу ризиків, пов'язаних із небезпечними біологічними матеріалами [8]. У 2026 році опубліковано ISO/TS 7446:2026, який містить додаткові рекомендації щодо впровадження вимог ISO 35001. Для ветеринарної лабораторії ці підходи можуть бути використані як основа для побудови системи управління біологічними ризиками з урахуванням специфіки діагностичних досліджень.

Українські нормативні вимоги також передбачають застосування захисних заходів залежно від рівня небезпеки біологічного агента. Наказ МОЗ України № 186 встановлює спеціальні захисні заходи для виробничих процесів, лабораторій і приміщень для утримання тварин. Документ передбачає, що в лабораторіях, де проводяться роботи з біологічними агентами 2, 3 або 4 групи, заходи захисту визначаються відповідно до встановленого рівня захисту; для робіт із агентами 3

та 4 груп передбачаються відповідно рівні захисту 3 і 4 [3,9]. Це підкреслює необхідність попереднього визначення небезпеки та відповідності умов роботи характеру біологічного агента.

Для ветеринарної медицини важливим є також принцип «Єдиного здоров'я», оскільки багато інфекцій можуть передаватися між тваринами та людьми або мати спільні джерела. Безпечна робота ветеринарної лабораторії таким чином є частиною не лише ветеринарної, а й системи громадського здоров'я. Закон України «Про систему громадського здоров'я» визначає організаційні та правові засади запобігання хворобам і забезпечення санітарно-епідемічного благополуччя населення .

Висновки. Біобезпека та біозахист у ветеринарних лабораторіях є взаємопов'язаною системою управління біологічними ризиками. Її ефективність забезпечується насамперед ризик-орієнтованим підходом, належною організацією лабораторного простору, використанням засобів захисту, деконтамінацією, безпечним поводженням із зразками та відходами, контролем доступу й регулярним навчанням персоналу. Комплексне дотримання цих заходів сприяє захисту працівників, тварин, населення та довкілля, а також забезпечує безпечне й надійне проведення ветеринарних лабораторних досліджень.

Список використаних джерел

1. World Health Organization et al. Laboratory biosafety manual, 2020. 40-62
2. Бегас В. Л. Національне та міжнародне ветеринарне право, 2023. С.24-31
3. Зубарева І. М., Мітіна Н. Б., Малиновська Н. В. Загальні правила безпечної роботи з біологічними агентами //Український журнал будівництва та архітектури , 2022. №. 5. С. 43-50.
4. Бащенко М. І. и др. Проблеми і перспективи розвитку стандартів біологічної безпеки та біологічного захисту у ветеринарній медицині та біотехнології .Ветеринарна медицина , 2017. №. 103. С. 8-12.
5. Зленко В. В. Організація роботи та забезпечення санітарно-протиепідемічного режиму в лабораторно-діагностичних установах різного профілю , 2015.
6. Федоренко Д. Методи і засоби деконтамінації , 2020.
7. Ткаченко О. А. Біобезпека на факультеті ветеринарної медицини Дніпровського державного аграрно-економічного університету , 2021.
8. International Organization for Standardization. ISO 35001: 2019: Biorisk Management for Laboratories and Other Related Organisations , 2019.
9. Дсанпін «Організація роботи лабораторій при дослідженні матеріалу, що містить біологічні патогенні агенти I-IV груп патогенності молекулярно-генетичними методами», затверджені наказом МОЗ України від 24.01.2008, № 26. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0088-08#text.
10. Біобезпека та біозахист : курс лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти ОПП «Ветеринарна гігієна, санітарія і

експертиза» спеціальності 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза» денної форми здобуття вищої освіти / уклад. С. С. Крамаренко, І. М. Люта. Миколаїв : МНАУ, 2024, 121 с.
11. Максимович Я.С., Гергалова Г.Л., Комісаренко С.В. Біобезпека під час біологічних досліджень : навчальний посібник, Київ: Бихун В.Ю., 2019. 78 с.
12. Голубнича В.М. Біобезпека та біозахист у біологічних лабораторіях 1-го та 2-го рівнів безпеки. Монографія. Суми: Сумський державний університет, 2016. 123 с. Режим доступу: https://core.ac.uk/download/pdf/141450992.pdf.

BIOSAFETY AND BIOSECURITY IN VETERINARY LABORATORIES

Brychuk Sofia
Student
Scientific Supervisor:
Liuta Iryna
Mykolayiv National Agrarian University, Ukraine

Abstract. The article examines current approaches to ensuring biosafety and biosafety in veterinary laboratories. The importance of assessing biological risks during work with pathological material, cultures of microorganisms, blood samples, tissues, feces and other potentially hazardous materials has been identified. The main elements of the biological risk management system are characterized: risk assessment, organization of laboratory facilities, individual and collective protection, safe work with equipment, disinfection, decontamination and use of biological wastes. The utmost respect is given to the biosafety specialist who transfers access control, storage and conservation of biological materials, preventing their loss, theft, unauthorized use or direct expansion. The role of personnel training, standard operating procedures, safety culture and emergency response is examined. The regulatory approaches of Ukraine, the recommendations of the WHO and the World Organization for Animal Health (WOAH), as well as the provisions of the international standard ISO 35001 are introduced. It is ensured that the biosafety system is effective The biosahist is responsible not for a set of rules, but for a steady process of risk management, integrating all stages of work in a veterinary laboratory.

Key words: biosafety, biosafety specialist, veterinary laboratory, biological risk, diagnostics, decontamination, biological exits, methods of individual protection.

Proceedings of the 5th International Scientific
and Practical Conference
"Modern Problems of Science and Technology"
October 5-7, 2026
Tallinn, Estonia

Organizing committee may notagree with the authors'point of view.
Authors are responsible for the correctness of the papers' text.

Contact details of the organizing committee:
European Open Science Space
E-mail: info@eoss-conf.com
URL: https://www.eoss-conf.com/

EUROPEAN OPEN
SCIENCE SPACE