International Science Group

ISG-KONF.COM

XVIII

INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE «DIGITAL TRANSFORMATION: SCIENCE IN SEARCH OF ANSWERS TO GLOBAL QUESTIONS»

Warsaw, Poland

May 5-8, 2026

ISBN 979-8-90214-547-9

DOI 10.46299/ISG.2026.1.18

DIGITAL TRANSFORMATION: SCIENCE IN SEARCH OF ANSWERS TO GLOBAL QUESTIONS

Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference

Warsaw, Poland
May 5-8, 2026

UDC 01.1

The 18th International scientific and practical conference “Digital transformation: science in search of answers to global questions” (May 5-8, 2026) Warsaw, Poland. International Science Group. 2026. 259 p.

ISBN – 979-8-90214-547-9
DOI – 10.46299/ISG.2026.1.18

EDITORIAL BOARD

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

TABLE OF CONTENTS

AGRONOMY		
1.	Резніченко В.П., Кукурудза Ю.О., Москальченко В.В., Глазунова К.О., Стадніченко А.Р. ВИСОТА ГІБРИДІВ СОРГО ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ СІВБИ	10
ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING		
2.	Nikanorov S. ARCHITECTURAL SCALE MODEL: HISTORICAL STAGES OF DEVELOPMENT AND MODERN TRANSFORMATION	14
ART		
3.	Yerkin A.B. THE EVOLUTION OF MODERNISM: THE CASE STUDY OF THE SOVIET MONUMENTAL ART IN KAZAKHSTAN, 1960S–1980S	16
AUTOMATION AND COMPUTER-INTEGRATED TECHNOLOGIES		
4.	Цатурян О., Сторожук С., Лоза В. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ КІБЕРЗАХИЩЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ	21
BIOLOGY AND BIOCHEMISTRY		
5.	Abdullayeva A., Jalilova A., Nasibova A. EFFECT OF ULTRAVIOLET RADIATION ON THE CONCENTRATION OF PIGMENTS IN AQUATIC PLANTS ELODEA (ELODEA CANADENSIS L.) AND VALLISNERIA (VALLISNERIA SPIRALIS L.)	24
CHEMISTRY		
6.	Klimko Y., Koshchii I. ACYLIMINIUM SALTS AS ALKYLATING REAGENTS	27
7.	Movlayev I., Aliyeva L.M., Rahimova S.F.R. DEVELOPMENT AND INVESTIGATION OF COMPOSITIONS BASED ON ETHYLENE-PROPYLENE-DIENE MONOMER (EPDM) MODIFIED WITH POLYPROPYLENE PRODUCTION WASTE	31

8.	Movlayev I., Hajizada S., Rahimova S.F. PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF COMPOSITES BASED ON ETHYLENE-PROPYLENE DIENE MONOMER (EPDM) FILLED WITH SLUDGE MINERAL FILLERS	37
9.	Movlayev I.H., Shahane A.I., Hüseynova L.Ş. INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MINERAL SLUDGE FILLER ON THE PROPERTIES OF BUTADIENE-STYRENE RUBBER-BASED COMPOSITIONS	43
10.	Movlayev I.H., Huseynova L.E., Rahimova S.F.R. DEVELOPMENT AND STUDY OF BUTADIENE-STYRENE RUBBER COMPOSITIONS MODIFIED MECHANO-CHEMICALLY USING POLYETHYLENE WASTE	50
11.	Shixaliyev K.S., Huseynova M.E., İravanlı K.B. PREPARATION AND INVESTIGATION OF COMPOSITIONS BASED ON BUTADIENE–STYRENE RUBBER USING WOOD RESIN	56
12.	Tahirova L., Aghayeva T. STUDY OF RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ETHYLENE–PROPYLENE–DIENE RUBBER (EPDM) MODIFIED WITH HAZELNUT SHELL POWDER	61
	COMPUTER SCIENCE	
13.	Дам-Васильєва Ч.А. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЛАНУВАННЯ КОНТЕНТУ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ TELEGRAM-БОТІВ	68
	CYBERSECURITY AND INFORMATION PROTECTION	
14.	Журавель Ю., Онишко В., Сколоздра М. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СТЕГАНОГРАФІЧНИХ СИСТЕМ	70
	ECOLOGY	
15.	Khvalin D. THE RESEARCH OF RADIOACTIVITY FOR IRRADIATED MATERIALS	73
16.	Шайтанова О.А. РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ОСВІТИ	76

ECONOMICS		
17.	Kobets D., Voitenko K. THE ROLE OF STRATEGIC HUMAN RESOURCE MANAGEMENT IN ESG-ORIENTED BUSINESS MODELS	80
18.	Бабич Л.М., Горобінська І.В., Горобінський А.В., Бабич М.А. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ФАКТОРИНГУ ЯК ДІЄВОГО ФІНАНСОВОГО ІНСТРУМЕНТУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКІВ З БІЗНЕСОМ	83
EDUCATION		
19.	Mihalev G. PERSONALIZING VOCATIONAL EDUCATION THROUGH COGNITIVE COLLABORATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN STEM EDUCATION	87
20.	Ngo Trung Hoc THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING: OPPORTUNITIES, CHANLLENGES AND IMPLEMENTATION STRATEGIES	96
21.	Nguyen Van Tuyen SELECTION OF SPECIALIZED ENDURANCE DEVELOPMENT EXERCISES FOR FEMALE 800-METER CADETS AT THE UNIVERSITY OF FIRE PREVENTION AND FIGHTING	102
22.	Алієв Р.Б., Шаповалова А.С., Бондаренко Д.І. РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКЛАДАННЯ ЕПІДЕМІОЛОГІЇ ТА ПРИНЦИПІВ ДОКАЗОВОЇ МЕДИЦИНИ: ВИКОРИСТАННЯ ДОДАТКІВ GOOGLE ДЛЯ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ	107
23.	Добрянський Д.В., Дудка П.Ф., Тарченко Н.В., Тарченко І.П. МОТИВАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ-МЕДИКІВ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ	110
24.	Мойсеєнко Н.Г. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИКЛАДАННЯ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ ПРОФЕСІЙНОГО СПРЯМУВАННЯ ЯК ІНОЗЕМНОЇ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ (ФАХОВИЙ НАПРЯМОК- ЕКОНОМІКА)	113

25.	Міхєєв А.О. НАВЧАННЯ НА 2-МУ КУРСІ ТА СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНА АДАПТАЦІЯ СТУДЕНТІВ	116
26.	Оріхівська А., Смеречак Л. СОЦІАЛЬНО-ПЕДАГОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ЖИТТЄВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ДІТЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ	123
27.	Ступицький М.А. ВІЙСЬКОВІ ЗЛОЧИНИ ТА ЇХ ФІКСУВАННЯ В УМОВАХ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ	126
	ELECTRICAL ENGINEERING	
28.	Ismayilov I. ASSESSMENT OF THE SENSITIVITY OF DISSIPATION FACTOR MEASUREMENTS TO PARTIAL DISCHARGE GROWTH IN HIGH-VOLTAGE ROTATING EQUIPMENT	129
	HISTORY AND ARCHEOLOGY	
29.	Izgali Kurmanbek Salamatuly ARROW, SABRE, AND PLATE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF NOMADIC CENTRAL ASIAN, CHINESE, AND EUROPEAN WARFARE, IV–XV CENTURIES	137
	INFORMATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGIES	
30.	Роценко О.В., Сергєєв О.В., Тимофеєва Л.А. ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИКИДІВ БЕНЗИНОВИХ ЕНЕРГОУСТАНОВОК ТА АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ	145
31.	Сергєєв О.В., Роценко О.В., Тимофеєва Л.А. ТВЕРДОМІРИ ВІККЕРСА ТА РОКВЕЛЛА Й ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ МЕТОДІВ	147
	LAW	
32.	Zaiets K., Petrenko M. DIE DIGITALISIERUNG DES RECHTSWESENS IN DEUTSCHLAND: CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN	151

33.	Zhulkovsky R. DAS TAX-FREE-SYSTEM IN DER EUROPÄISCHEN UNION: RECHTLICHE REGELUNG UND PROBLEME DER ANWENDUNG	154
	MANAGEMENT	
34.	Piddubna L. TRANSFORMATION OF MANAGEMENT OF INTERNATIONAL COMPANIES IN A BANI WORLD	157
	MEDICINE	
35.	Amire B.Z., Duisengaliyeva Z.M., Khazova V.V., Mankova E.V., Sattarkhanova M.P. CLONAL HEMATOPOIESIS OF INDETERMINATE POTENTIAL AS A PREDICTOR OF HEMATOLOGIC MALIGNANCIES	164
36.	Bayazova D.Y., Iskak A., Saparova A.A., Suiintay T.A., Zhailau D.B. CHANGES IN THE RETINAL NERVE FIBER LAYER IN MULTIPLE SCLEROSIS BASED ON OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY FINDINGS	172
37.	Saurbayeva F., Kopbayeva K.S., Nauryzbay N.M., Shaltayeva A.K., Tolegenova A.A. RETINAL MICROVASCULAR CHANGES IN ARTERIAL HYPERTENSION AS A NON-INVASIVE MARKER OF CARDIOVASCULAR RISK	180
38.	Kaminska I., Kobrii N. ADVANCED DIAGNOSTIC APPROACHES USING MICRORNA PANELS: CLINICAL SIGNIFICANCE AND FUTURE HORIZONS	188
39.	Kaminska I., Dovhan O. ANTIBIOTIC RESISTANCE AS A GLOBAL CHALLENGE OF MODERN MEDICINE	190
40.	Khlamanova L., Yaremenko L., Grabovyi O., Nevmerzhytska N. INNOVATIVE STRATEGIES IN HIGHER MEDICAL EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW AND PEDAGOGICAL EXPERIENCE	192
41.	Zhuvarova D.A., Alpysbay A.N., Askhatov A.A., Rashitov M.A., Zhumabayeva A.R. REHABILITATION AFTER UROLOGICAL ONCOLOGICAL OPERATIONS	195

42.	Алієв Р.Б., Горнова К.В. ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМБІНОВАНОЇ ТЕРАПІЇ ПЕГІЛЬОВАНИМ ІНТЕРФЕРОНОМ ТА НУКЛЕОЗИДНИМИ/НУКЛЕОТИДНИМИ АНАЛОГАМИ ПРИ ХРОНІЧНОМУ ГЕПАТИТІ В	203
43.	Боровський Б.М., Боровська К.В., Лантухова Н.Д. ПЕРЕХІД ВІД ОПІОЇДНИХ АНАЛЬГЕТИКІВ ДО ПАРАЦЕТАМОЛУ (НПЗП) В ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОМУ ЗНЕБОЛЕННІ	206
44.	Гнатенко Т.С., Вельган Р.П., Кулініч Н.С. МЕДСЕСТРИНСЬКИЙ СУПРОВІД СКЛАДНИХ СХЕМ ЛІКУВАННЯ: НОВІТНІ ІНСТРУМЕНТИ ТА ФАРМАКОЛОГІЧНА ГРАМОТНІСТЬ	211
45.	Котенко О.Є., Кайнара В.М., Денисенко К.О. ФЕРОПТОЗ ЯК НОВИЙ МЕХАНІЗМ КЛІТИННОЇ ЗАГИБЕЛІ ТА ЙОГО РОЛЬ В ОНКОЛОГІЇ	214
	METALLURGY	
46.	Чубіна О., Пантейков С., Суботін А. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ЛИВАРНОГО ПІСКУ ДЛЯ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ	218
	PHILOLOGY	
47.	Boguslavskyi S., Maslova Y. KOGNITIVES MODELLIEREN VON HANDLUNGEN IM DEUTSCHEN COMPUTERFACHLICHEN DISKURS: ANALYSE VON ANGLIZISMEN	222
48.	Moroz M. TRANSLATING GENDER IN MEDIA DISCOURSE: THE ROLE OF SPEAKER AND TRANSLATOR IDENTITY	226
49.	Хоменко Т.А. ГЕРМАНО-КЕЛЬТСЬКО-ІТАЛІЙСЬКІ ІЗОГЛОСИ НА ПОЗНАЧЕННЯ РОСЛИН	234
	PHYSICAL CULTURE AND SPORTS	
50.	Калашник Н.Я., Щіпець С.Д., Щотка Є.О. КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ТРЕНУВАНЬ СТРІЛЬЦІВ СПОРТСМЕНІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БІОФІДБЕКУ ЯК ІНСТРУМЕНТУ УПРАВЛІННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИМ СТАНОМ	236

PSYCHOLOGY		
51.	Петенок Є.П. ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ УЯВЛЕНЬ ПРО УСПІХ: СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНИЙ ВИМІР	240
PUBLIC MANAGEMENT AND ADMINISTRATION		
52.	Панов А.В., Панова А.О., Довганич О.М. МЕДИЦИНА В США	243
SOCIOLOGY		
53.	Скорофатова А., Єсик А. ТРАНСФОРМАЦІЯ КАР'ЄРНИХ ЦІННОСТЕЙ ПОКОЛІННЯ Z В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ	248
THERAPY AND REHABILITATION		
54.	Микитин Л.М., Дідоха І.В., Скалій О.В., Николин М.І., Турбал Л.О. ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ КІНЦІВКИ ПІСЛЯ ПЕРЕЛОМУ ПЛЕЧОВОЇ КІСТКИ ЗАСОБАМИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ	252
TOURISM AND RECREATION		
55.	Бєльчев М.П. ПОСТВОЄННА ТРАНСФОРМАЦІЯ ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНОЇ СФЕРИ УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ, РИЗИКИ ТА СТРАТЕГІЧНІ ВЕКТОРИ РОЗВИТКУ	255

ВИСОТА ГІБРИДІВ СОРГО ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ СІВБИ

Резніченко Віта Петрівна
к.с.г.н., доцент
Центральноукраїнський національний технічний університет

Кукурудза Юлія Олександрівна,
здобувач вищої освіти
Центральноукраїнський національний технічний університет

Москальченко Владислав Володимирович,
здобувач вищої освіти
Центральноукраїнський національний технічний університет

Глазунова Катерина Олегівна
здобувач вищої освіти
Центральноукраїнський національний технічний університет

Стадніченко Антон Русланович
здобувач вищої освіти
Центральноукраїнський національний технічний університет

У сучасних умовах зміни клімату, посух та виснаження ґрунтів усе більше уваги привертають посухостійкі та невибагливі культури. Однією з таких є сорго - злакова рослина, яка успішно вирощується у посушливих регіонах та має широке господарське значення. Ця культура вирізняється високою адаптивністю, універсальністю використання та добрими врожайними показниками [1].

Сорго (Sorghum) - це однорічна рослина родини злакових. Вирізняється міцним прямостоячим стеблом, яке може досягати до 4 метрів у висоту. Коренева система добре розвинена, здатна проникати на значну глибину, що забезпечує високу посухостійкість. Суцвіття - складна волоть, зерно округле, може бути білого, червоного, жовтого або коричневого кольору.

Існує кілька основних видів сорго, кожен з яких має своє призначення:

1. Зернове сорго - використовується для виробництва круп, борошна, кормів для тварин.

2. Кормове сорго - застосовується для заготівлі зеленої маси, сіна та силосу.

3. Цукрове сорго - містить велику кількість цукру в стеблах, з якого отримують сироп, патоку, біоетанол.

4. Віничне сорго - використовується для виготовлення віників та декоративних виробів.

Сорго є універсальною культурою, яка використовується в різних сферах.

У харчовій промисловість, зерно сорго використовують для приготування круп, хлібобулочних виробів та безглютенових продуктів.

Тоді, як у тваринництві зелена маса та зерно слугують поживним кормом для великої рогатої худоби, свиней, птиці.

Для енергетичного напрямку сорго є перспективною культурою, оскільки її сировина використовується для виготовлення біопалива.

В промисловість біомаса сорго використовується для виготовлення паперу, картону, технічних матеріалів.

Культура є перспективною для сільського господарства, оскільки має високі адаптивні властивості, та вирізняється високою посухостійкістю завдяки кореневій системі та здатності зменшувати випаровування води, стійкістю до високих температур; невибагливістю до ґрунтів, оскільки може проростати на малородючих, засолених та піщаних ґрунтах, а також має стійкість до багатьох хвороб та шкідників [2, 3].

Для аграрної галузі України сорго є особливо перспективною культурою в умовах зміни кліматичних, де з кожним роком спостерігається зменшення кількості опадів та підвищення температур. Завдяки своїм характеристикам сорго може стати повноцінною альтернативою кукурудзі у посушливих регіонах.

Сорго - це багатофункціональна та надзвичайно перспективна сільськогосподарська культура, яка поєднує в собі високу врожайність, стійкість до несприятливих умов та універсальність використання. У контексті глобальних змін клімату та потреби в сталому землеробстві сорго набуває все більшого значення не лише для сільського господарства України, а й у світовому масштабі.

Тому, вивчення одного з важливих, технологічних прийомів вирощування, а саме впливу способів сівби на продуктивність гібридів сорго в умовах північного Степу України є актуальним питанням.

Висота рослин сільськогосподарських культур - це морфолого-агрономічний показник, який визначає лінійну відстань від поверхні ґрунту до найвищої точки надземної частини рослини (вершини стебла, суцвіття або генеративного органа) у відповідний фазовий період її розвитку.

Цей параметр є важливою селекційною та технологічною ознакою, що відображає ріст рослини та залежить від її генетичних особливостей, умов вирощування та застосованої агротехніки.

В наших дослідженнях, ми звернили увагу, як формувалася висота гібридів сорго в залежності від способів сівби (рис. 1).

Таблиця 1

Висота гібридів сорго залежно від способів сівби (фаза цвітіння), см (середнє за 2024-2025 рр.)

Гібрид (Фактор А)	Спосіб сівби (Фактор Б)		
	30 см	45 см	70 см
Прайм	82,12	87,04	90,85
Оггана	85,25	88,35	92,45
Майло В	89,06	96,05	94,75

Встановлено, що протягом вегетації, рослини сорго зростали у висоту.

Мінімальною була сформована висота на варіантах, де вирощували гібрид Прайм при ширині міжряддя 30 см, що в середньому по роках склало 82,12 см у фазу цвітіння, тоді як у гібридів Оггана показник був вищим на 3,67%, а у гібриду Майло В – 7,79 %.

Зростання ширини міжряддя позитивно відобразилося на висоті в посівах досліджуваних гібридів сорго.

Так, у гібриду Прам, при ширині міжряддя 45 см висота склала 87,04 см, що було вищим від попереднього способу сівби в межах 4,92 см, тоді як за широкорядного способу сівби 70 см, досліджуваний показник зріс у порівнянні до двох інших способів сівби відповідно на 8,73 см та 3,81 см.

Гібрид Оггана, забезпечила висоту рослин сорго за широкорядних способів сівби 45 та 70 см, відповідно 88,35 см та 92,45 см, що було вищим у порівнянні до рядкового способу сівби відповідно зросло на 3,1 см та 7,2 см. Тоді, як у порівнянні до гібриду Прайм, гібрид Оггана мала вищі показники по варіантах досліду в межах 1,73%.

Необхідно відзначити, що максимальні показники забезпечили варіанти за вирощування гібриду Майло В за широкорядних способів сівби, що в середньому по роках досліджень склало 96,05 та 94,75 см, відповідно. У порівнянні до показників висоти двох інших досліджуваних гібридів, у Майло В, відповідно, висота була більшою на 7,7 і 9,01 см (спосіб сівби 45 см) та 2,3 і 3,9 см (спосіб сівби 70 см).

Оптимальні умови склалися на варіантах, де вирощували гібрид Майло В за широкорядного способу сівби 45 см, що в середньому по роках досліджень забезпечив у фазу цвітіння висоту рослин сорго в межах 96,05 см, що було найвищим у порівняні до інших гібридів та способів сівби.

Отже, що за рядкового способу сівби 30 см, висота у всіх гібридів була найнижча у порівнянні до інших варіантів досліду, що відповідно склала

82,12 см (Прайм); 85,25 см (Оггана); 89,06 см (Майло В). При збільшені ширини міжряддя сприяло приросту у висоту по всіх досліджуваних гібридах. Максимальною була висота гібриду Майло В при ширині міжряддя 45 см, що в середньому по роках досліджень склала 96,05 см і було вищим від інших варіантів досліду на 14,5%.

Список літератури

1. Дзюбецький Б.В., Яланський О.В., Кух М.В. Сорго. Практичні рекомендації. Камянець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2014. 96 с.

2. Григоренко Н.О. Цукрове сорго дає високі й стабільні врожаї зерна та зеленої маси за складних кліматичних умов. Зерно і хліб. 2011. № 3. С. 48-49.

3. Бойко М.О. Сорго зернове – гарант стабілізації зерновиробництва. «Актуальні питання сучасної аграрної науки»: Зб. тез IV міжнародної науково-практичної конференції. Умань, 2016. С.25-26.

ARCHITECTURAL SCALE MODEL: HISTORICAL STAGES OF DEVELOPMENT AND MODERN TRANSFORMATION

Nikanorov Serhii,
Candidate of Architecture, Associate Professor
Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

The architectural scale model is viewed not merely as a reduced copy of a future structure but as a fundamental cognitive tool that synthesizes scientific rationality and artistic intuition. Over millennia, the model has undergone a complex evolution: from a ritual object endowed with magical functions to a high-tech process model within a BIM environment. This work analyzes the shift in the model's ontological status, investigates the transition from manual craftsmanship to additive technologies, and substantiates the relevance of physical modeling in the era of total digitalization.

Architectural design is inherently forward-looking. The scale model acts as the medium that allows for the materialization of a space that does not yet exist. Unlike a two-dimensional drawing, a model appeals to tactility and three-dimensional perception, making it an indispensable tool for verifying the structural logic and aesthetic integrity of a design. Today, despite the dominance of computer graphics, the demand for physical models is growing rapidly due to the increasing complexity of architectural language and the need for clear communication with investors and the public.

Historical Retrospective and Stages of Development:

1. Sacral Legitimation and the Ancient World (10th–5th centuries BCE). The origins of modeling lie in the realm of metaphysics. In Mesopotamia and Ancient Egypt, clay house models primarily served a funerary purpose - they became "dwellings" for the soul (Ka) in the afterlife. The Trypillian culture in Ukraine deserves special mention. Ceramic models of dwellings and temples from that era are unique documents recording the evolution of residential construction: from semi-dugouts to complex two-story structures with murals and anthropomorphic details.

2. Antiquity and the Middle Ages: From Canon to Relic (8th century BCE – 15th century CE). In ancient Greece, the model became part of techne (craftsmanship). Architects created wax and wooden samples (paradigms) of individual details (capitals, entablatures) that served as standards for master stonemasons. In medieval Europe, the model often functioned as a symbol of patronage. In paintings and sculptures of that time, the donor was depicted holding a model of a church, symbolizing the act of offering the building to God. In the architecture of Kyivan Rus, models were a means of transferring knowledge from the master to the guild. A unique testament to this is found in the frescoes of Saint Sophia Cathedral, which depict architects with models of structures.

3. The Renaissance: The Triumph of the Authorial Method (15th–16th centuries). The Renaissance transformed the model into the primary tool for design

experimentation. Great masters like Filippo Brunelleschi used large-scale wooden models (often human-sized) to solve the complex static problems of the dome of Santa Maria del Fiore. Michelangelo created detailed models of St. Peter's Basilica, allowing the patron to "enter" the space before construction even began. The model became a language of communication that required no translation.

4. Classicism and the Industrial Age (18th–19th centuries). This period saw the appearance of the famous "cork models" of ancient structures, distinguished by their photographic accuracy in reproducing stone textures.

5. Modernism and Form-Finding (20th century). 20th-century architects (Le Corbusier, Mies van der Rohe) returned the model to its status as a "working tool." It ceased to be a ceremonial object and evolved into the "white cardboard model" - a quick draft for searching for volumetric-spatial compositions. Antoni Gaudí went further, creating inverted string models to study the distribution of loads in the structures of the Sagrada Família.

Modernity: Hybridization and Digital Transformation. In the 21st century, we observe the phenomenon of hybridization. Traditional modeling skills are combined with innovative technologies:

1) BIM and 3D Printing: The digital model becomes the basis for the physical one. The use of polymers, gypsum, and composites in 3D printing allows for the reproduction of biomorphic and complex parametric forms with micron precision.

2) Laser Cutting and CNC: These technologies allow for the rapid production of parts from wood, acrylic, and metal, significantly reducing model production time.

3) Analytical Function: Modern models are used to study insolation, aerodynamics, and spatial ergonomics under real lighting conditions.

Conclusions. The history of the architectural scale model is a journey from a mystical symbol to a mathematically precise instrument. Despite the advancement of Virtual Reality (VR), the physical model retains its unique ability to materialize an idea. The future of modeling lies in dynamic models capable of changing their geometry in real-time, integrating into the overall ecosystem of digital construction.

References:

1. Knoll W., Hechinger M. Architectural Models: Construction Techniques. Second Edition. J. Ross Publishing, 2007. 136 p.

2. Dunn N. Digital Media Series: Architectural Modelmaking. Laurence King Publishing, 2012. 192 p.

3. Kinitskyi, V. V. (2018). Suchasni informatsiini tekhnologii v arkhitekturnomu proektuvanni [Modern information technologies in architectural design]. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, (66), 245–252.

4. Mykhailenko, V. Ye., & Kashchenko, O. V. (2011). Osnovy kompozytsii (heometrychni aspekty khudozhnoho proektuvannia) [Fundamentals of Composition (Geometric Aspects of Artistic Design)]. Kyiv: Karavela.

THE EVOLUTION OF MODERNISM: THE CASE STUDY OF THE SOVIET MONUMENTAL ART IN KAZAKHSTAN, 1960S–1980S

Yerkin Aruzhan Baurzhankyzy
Master's student
Temirbek Zhurgenov Kazakh National Academy of Arts
Almaty, Kazakhstan

Abstract: This article examines the evolution of modernist trends in the monumental and decorative art of Kazakhstan in the 1960s–1980s, using Soviet-era mosaics and stained glass as examples. It examines the interaction between Socialist Realist ideology and formal-plastic explorations rooted in European modernism, particularly Cubism and abstraction. Particular attention is paid to the work of Mikhail Antonyuk and Vasily Tovtin, whose works demonstrate a synthesis of national traditions, modernist form-building, and conceptual thinking. The article analyzes the artists' key works and identifies the distinctive features of their compositional, color, and symbolic solutions. It emphasizes the role of the Lviv School of Art in shaping the new visual language of Kazakh monumental art and reveals the significance of these processes for the development of Kazakhstan's artistic culture.

Keywords: monumental art, mosaic, stained glass, modernism, socialist realism, abstraction, cubism, decorative and applied arts, composition, color, symbolism

Subject of the research: the influence of modernism on the work of Mikhail Antonyuk and Vasily Tovtin.

Object of the research: monumental art of Soviet Kazakhstan.

Introduction

Among the complex challenges facing Soviet-era monumental art in Kazakhstan, the search for new formal solutions and the turn to Western modernist art remain the primary issues. During the period under consideration, mosaics served as one of the visual tools of Soviet propaganda. They could be found everywhere—not only on the facades of public buildings but also on residential homes. In everyday life, the Soviet citizen was surrounded by visual images symbolizing the importance of labor, space, sports, and culture.

Unfortunately, there is still no sufficient theoretical analysis of the monumental mosaics and stained glass of this period. In our article, we drew upon albums on monumental art and articles by art historian R.I. Kargabekov, «Monumental and Decorative Art of Kazakhstan», which are primarily devoted to exploring issues related to Socialist Realism. Therefore, an analysis of the monumental works of Kazakh artists in dialogue with other artistic movements of the 20th century remains an urgent necessity in the history of art of our country.[1]

The aim of this article is to examine mosaics and stained glass from the 1960s–1980s that reflect the stylistic influence of European modernist painting. To explore this issue, it is necessary to understand how, amidst the dominance of realism and the

embodiment of Soviet slogans in painting, a completely different line of development emerged in Soviet Kazakh art, one associated with the use of the achievements of Cubism and abstraction.[5]

Methods

The development of applied and monumental art in our country is inextricably linked to the names of Mikhail Antonyuk and Vasily Tovtin. Mikhail Yakovlevich Antonyuk was born in the village of Tulichev in the Volyn Oblast. Vasily Ivanovich Tovtin was born in 1935 in the village of Velyki Luki in the Zakarpattia Oblast. In 1961, both artists graduated from the Lviv Institute of Applied and Decorative Arts and arrived in Tselinograd (now Astana) on a Komsomol assignment. A significant contribution to the art of Kazakhstan, a distinctive plastic-figurative mindset, a unique creative style—all these important categories allow us to speak of the special status of these masters within our art system. What was this connected to?

The artists' creative practices raise an extremely interesting question: the role of the Lviv School in shaping a new vision of Kazakh decorative art. In the 1960s, the Lviv Institute became a true haven of the spirit. First, Western Ukraine has always been a region with the richest traditions of folk art, which were always treated with careful respect, defining them as the mainstay of individual creativity. A firm foundation in folk heritage was combined with the active use of experience of a completely different nature.

The "Iron Curtain" descended on Lviv several decades later, when Western Ukraine was annexed from Poland by the USSR. Thanks to this, a continuity with early 20th-century modernism was preserved here—a continuity that had been interrupted in the 1930s throughout the rest of the USSR. Lviv's status as a border city also had a beneficial effect. Artistic experiments in socialist Poland and Hungary, which were situated in a more open information space, were well known here.

Finally, the institute was staffed by people who were direct successors of the European avant-garde. Roman Selsky, who headed the painting department, became a guiding figure for young painters. For summer fieldwork, Selsky would take large classes of students, along with his wife Margit Selska—a student of F. Léger—to the Carpathians or the Crimea. Selsky developed a special methodology: teaching painting en plein air while simultaneously conducting constructive research into the construction of artistic form. The interest in the ideographic art of our masters stems from Selsky's lessons in form creation. The creative atmosphere of Lviv itself fostered experimentation, the development of improvisational tendencies, and the search for one's own unique artistic style.

Results

At the turn of the 1960s and 1970s, the trend toward mutual influence and interconnection between monumental art and easel painting intensified. This connection had a positive impact on the development of the latter, enriching it with a completely new approach to form. In 1969, Antonyuk and Tovtin worked on the mosaic **"Melody"** ***(fig.1)*** (Music School, Tselinograd). [2]

This work is one of the most striking early examples of the use of abstract form in the Kazakh school of monumental art. The central part of the composition features

stylized depictions of musicians: young women and a young man playing the dombra, a grand piano lid, and a keyboard. This highly generalized, albeit symbolic, representation of figures and objects is flanked on both sides by a fantastical dance of geometric elements designed to embody the idea of music. The artists initially sought to reflect not external but essential elements; to explore the connections between color and sound, between image and music. Sound waves propagate in circles; however, when viewed in rhythmic motion from a specific spatial perspective, they appear as an intertwining array of arcs, zigzags, and triangles. The edge of the mosaic cuts off this rhythmic sequence. It becomes clear that this is not a conventional, self-contained ornamental frieze, but an utterly chaotic stream of vibrating forms that could continue indefinitely. These forms are extremely dynamic—they collide, rotate, spring, and fly—as if possessing the capacity for eternal transformation. Thanks to their ceaseless interaction, overlapping, and expressiveness, a sense of illusory depth and three-dimensional imagery emerges.

The mosaic reliefs on the Polygraphkombinat building in Tselinograd (1972) represent a significant body of work by the artists. The composition **“Press and Time” (Fig.2)** incorporates various visual forms. Portraits of great writers—Abay, T. Shevchenko, M. Auezov, S. Seifullin, V. Mayakovsky—coexist with a still life composed of newspapers and book pages. In the central part, a young woman and a young man are depicted, having inherited the great culture of the word. The main element of the composition is the image of a book, which constantly “unfolds” in the relief: its pages form an endless staircase leading upward or are perceived as a fragment of a temple wall. The Polygraphkombinat mosaic reveals the artists’ characteristic inclination toward conceptual thinking, toward the search for a metaphor that most fully captures the full range of meanings in the ideological program, perceived by the viewer as a kind of intrigue, as a reason for independent interpretation of the symbols with which this monumental work is so saturated. At the same time, the mosaic continues to be perceived as a skillfully crafted work, possessing the beauty of its color and rhythmic composition, with soft transitions in tone.

In the art of the Soviet era, such thoughtful exploration of a material’s formative potential and rich content is a rather rare phenomenon. For this reason, the works by the creative duo of Antonyuk and Tovtin discussed here are perceived not as run-of-the-mill Socialist Realist hackwork, but as significant monuments of their time. M. Antonyuk’s stained-glass window “Zodiac Signs” in the lecture hall of the House of Civil Ceremonies in Tselinograd (1982) is based on the radiance of bright yellow tones combined with cool blues. The sky-blue light, against which the golden-yellow glow begins to flare up, cools it down without counteracting the piercing intensity of the light. Unlike many of the artist’s works, there is no wild chaos or clash of vivid colors here. The artist explores a lyrical approach to abstraction, striving for a harmonious color scheme and a polyphony of hues that invites a calm, meditative state. The images are enclosed in medallions and resemble precious jewels. The artist has intensified the symbolic language of the forms; they are not immediately recognizable as representations of specific objects and are not instantly comprehensible, but gradually reveal their contours, becoming clear to the attentive gaze of the viewer. Thus,

Antonyuk's stained-glass works not only create an exquisite, solemn, almost "cathedral-like" atmosphere in the interior, but also require a certain state of mind from the viewer, a special "point of focus." Such works, of course, differ from the examples of monumental Socialist Realist painting with their instantly recognizable symbols of happy labor, the builders of communism, and a bright future. By drawing on the abstract language of modernism, Antonuk was able to create, within the specific space of the House of Civil Ceremonies, a sense of a special place where a wedding ceremony takes place. His artistic style becomes more refined and established. The conciseness of the plastic thinking that Antonuk arrived at allowed the artist to achieve compelling results with minimal means. To our great regret, the House of Ceremonies, along with the works "Rainbow" and "12 Signs of the Zodiac," was barbarically destroyed in 2000 (Capital Mosaic, 2023).

Discussion

In summary, it should be noted that even while subject to ideological constraints, Soviet art offers examples of a free exploration of new formal and visual solutions. In these works, we encounter complex spatial arrangements, active and dynamic compositions, and a departure from the static nature of the canons of Socialist Realism. The primary focus becomes the creation of a unique environment, saturated not only with the straightforward, symbolic imagery of Soviet ideology, but also with emotions, lyrical motifs, and a distinctive spiritual atmosphere bordering on the religious.

Fig.1 "Melody." Mosaic decoration on the façade of the Music College building in Tselinograd (now Astana), 1969. Artists: M. Ya. Antonyuk and V. I. Tovtin.

Fig.2 “Press and Time.” A relief mosaic on the façade of the Printing Combine building in Tselinograd (now Astana), 1972.

References

1. Kargabekova, R. I. Monumental-Decorative Art of Kazakhstan in the 1970s–1990s // Synthesis of Arts in the Artistic Culture of Kazakhstan of the 20th–21st Centuries. Almaty: Institute of Literature and Art of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, 2017.

2. Monumental Art of Kazakhstan: Album / comp. by N. M. Vul. Alma-Ata: Öner, 1989. – 152 p., ill.

3. Metropolitan Mosaic // Vlast. June 29, 2023. Available at: https://vlast.kz/gorod/55710-stolicnaa-mozaika.html

4. Abazov, R.,(2007). Culture and Customs of the Central Asian Republics. Greenwood Press (USA). https://pdfcoffee.com/culture-and-customs-of-the-central-asian-republics-goldenshark--pdf-free.html

5. Philosophy and Art of Modernism. 2nd ed., expanded. Moscow: Politizdat, 1980. (Kulikova Irina Sergeevna).

6. Sharipova Dilyara, et al. "Tragic Moments of National History in Graphics and Monumental Sculpture of Kazakhstan." Bulletin of Kazakh National Women's Teacher Training University, (2020) www.vestnik.kazmkpu.kz/jour/article/view

7. German, M. Yu. Modernism: Art of the First Half of the 20th Century. — Saint Petersburg: Azbuka-Klassika, 2003.

8. Arnason, H. H., and Elizabeth C. Mansfield. History of Modern Art. 7th ed. New York: Pearson, 2013.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ КІБЕРЗАХИЩЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ

Цатурян Олександр
старший науковий співробітник ЦНДІ ЗС України

Сторожук Сергій
Викладач кафедри комунікаційних технологій та кіберзахисту Інституту інформаційно-комунікаційних технологій та кібероборони НУОУ

Лоза Володимир
Професор кафедри комунікаційних технологій та кіберзахисту Інституту інформаційно-комунікаційних технологій та кібероборони НУОУ

Анотація.
У роботі обґрунтовано підхід до підвищення рівня кіберзахищеності автоматизованих систем управління (інформаційних систем) на основі використання цифрових двійників. Цифровий двійник розглядається як динамічна віртуальна модель системи, що забезпечує двосторонній обмін даними з реальною інфраструктурою, відображає її стан та дозволяє моделювати сценарії впливів. Запропоновано узагальнену архітектуру цифрового двійника та підхід до оцінювання кіберзахищеності на основі агрегованих показників. Показано, що застосування цифрового двійника створює передумови для підвищення стійкості АСУ (ІС) до багатовекторних загроз.

Ключові слова: інформаційні системи, цифровий двійник, кіберзахищеність, штучний інтелект, кіберфізичні системи, моделювання загроз.

Сучасні автоматизовані системи управління (інформаційні системи) (далі – АСУ (ІС)) функціонують у складному середовищі, що характеризується високим рівнем взаємозв’язку компонентів, інтенсивним обміном даними та зростанням кількості потенційних кіберзагроз. У таких умовах забезпечення їхньої кіберзахищеності потребує переходу від ізольованого захисту окремих елементів до комплексного підходу, орієнтованого на аналіз стану системи в цілому [5 – 7].

Одним із перспективних напрямів підвищення кіберзахищеності є використання цифрових двійників. У науковій літературі цифровий двійник визначається як інтегрована цифрова репрезентація складної технічної системи, яка функціонує у взаємодії з реальним об’єктом, отримує від нього дані та відображає його стан у динаміці [1 – 4; 8]. На відміну від цифрової моделі або цифрової тіні, цифровий двійник забезпечує не лише моніторинг, а й підтримку

прийняття рішень завдяки можливості моделювання альтернативних сценаріїв функціонування системи.

У цьому контексті цифровий двійник доцільно розглядати як центральний елемент інтегрованого середовища кіберзахисту, що об'єднує телеметричні дані, події безпеки, моделі поведінки системи та аналітичні інструменти. Такий підхід дозволяє перейти від реактивного реагування на інциденти до проактивного аналізу та прогнозування розвитку загроз.

АСУ (ІС) являє собою складну організаційно-технічну структуру, яка включає обчислювальні ресурси, мережеву інфраструктуру, програмні сервіси та засоби взаємодії користувачів. Відповідно цифровий двійник має відображати не лише технічну конфігурацію системи, але й логіку її функціонування, що дає змогу оцінювати вплив змін окремих компонентів на загальний стан системи.

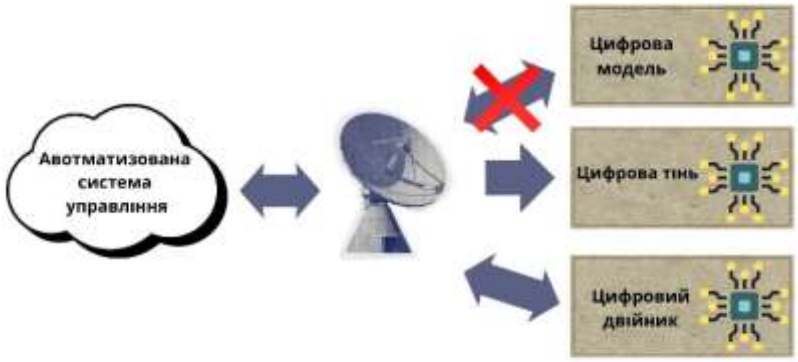


Рис. 1. Порівняння цифрової моделі, цифрової тіні та цифрового двійника

Джерело рисунка: авторський.

Інтеграція цифрового двійника із засобами штучного інтелекту забезпечує можливість обробки значних обсягів даних, виявлення аномалій та оцінювання ризиків [2; 4; 8]. Методи машинного навчання можуть використовуватися для аналізу мережевого трафіку, поведінкових характеристик системи та виявлення нетипових сценаріїв функціонування. Це дозволяє підвищити ефективність виявлення інцидентів та своєчасність реагування на них.

Архітектура цифрового двійника може бути представлена у вигляді багаторівневої структури, що включає фізичний, мережевий, платформний та прикладний рівні. Такий підхід дозволяє забезпечити цілісне відображення системи та підвищити ефективність управління її станом [1–4].

З урахуванням складності сучасних систем доцільно розглядати кіберзахищеність як інтегральну характеристику, що формується на основі сукупності показників, які відображають стан окремих підсистем. До таких показників можуть належати ефективність виявлення аномалій, рівень захищеності каналів зв'язку, стійкість до відмов та ефективність реагування на інциденти. Агрегування цих даних у межах цифрового двійника дозволяє

отримати узагальнену оцінку стану системи та забезпечити підтримку прийняття рішень.

Таким чином, використання цифрових двійників у складі АСУ (ІС) створює нові можливості для підвищення їхньої кіберзахищеності. Основною перевагою цього підходу є інтеграція процесів моніторингу, аналізу та моделювання в єдиному інформаційному середовищі, що забезпечує підвищення адаптивності системи до змін умов функціонування.

Список літератури

1. Chen Zhixin et al. Research on digital twin for command and control system // Systems Engineering and Electronics. 2025. Vol. 47(3). P. 912–922.
2. Homaei M.H. et al. A review of Digital Twins and their application in Cybersecurity based on Artificial Intelligence // Computer Science Review. 2023.
3. Goodman R. How do digital twins aid digitalisation in defence? 2024.
4. Bain W. Real-time digital twins with AI/ML // Military Embedded Systems. 2025.
5. Humayed A. et al. Cyber-Physical Systems Security — A Survey // IEEE Internet of Things Journal. 2017.
6. Sadiku M.N.O. et al. Cyber-Physical Systems Security: A Brief Survey // IJTRD. 2020.
7. Xing W. et al. Security Control of Cyber–Physical Systems under Cyber-Attacks // Sensors. 2024.
8. Kreuzer T. et al. Artificial intelligence in digital twins // Data & Knowledge Engineering. 2024.
9. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, 1980.

EFFECT OF ULTRAVIOLET RADIATION ON THE CONCENTRATION OF PIGMENTS IN AQUATIC PLANTS ELODEA (*ELODEA CANADENSIS L.*) AND VALLISNERIA (*VALLISNERIA SPIRALIS L.*)

Abdullayeva Ayten,
Master of Science in the Department of Biophysics and Biochemistry,
Baku State University, Baku, Azerbaijan

Jalilova Aynura,
Junior research fellow of the CERD «Bioengineering » SRL,
Baku State University, Baku, Azerbaijan

Nasibova Aygun
Associate Professor of the Department of Biophysics and Biochemistry,
Baku State University, Baku, Azerbaijan

Since radiation is a global environmental factor and living organisms are constantly exposed to it, it is very important to study the biophysical parameters of the impact of ultraviolet radiation on aquatic plants.

The authors [1,2] studied the effect of ultraviolet radiation on aquatic plants Myriophyllum aquaticum and Lemna Minor. They studied parameters such as growth, DNA damage, lipid peroxidation, reactive oxygen species, gene expression, mitochondrial membrane potential, effects on photosystem II, and pigment concentration. They came to the conclusion that ultraviolet radiation simultaneously affects several parameters. It was also found that low levels of ultraviolet radiation promote plant adaptation, while high levels of ultraviolet radiation negatively affect these aquatic plants.

We study aquatic plants such as Elodea canadensis and Vallisneria spiralis. We studied the effect of ultraviolet radiation on the concentration of chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid pigments in these aquatic plants. In order to determine the amount of pigments in aquatic plants Elodea and Vallisneria after exposure to ultraviolet radiation, an experiment was conducted and a comparative analysis of the results obtained was performed in control plants; in plants that were exposed to UV radiation for 15 minutes; in plants that were exposed to UV radiation for 30 minutes.

The totality of the obtained results allows us to assume that the effect of UVA on elodea and vallisneria causes cell damage and, as a result, the number of chlorophyll a, chlorophyll b and carotenoid molecules decreases. In Vallisneria, the concentration of chlorophyll a and chlorophyll b increases when exposed to UVA for 15 minutes. This phenomenon can be explained as a low dose effect. With its help, the plant adapts to unfavorable conditions (the vallisneria's defense system is activated). When Vallisneria is exposed to UVA for 30 minutes, the concentration of chlorophyll a and

chlorophyll b drops to a minimum. In Elodea, the process also occurs only with chlorophyll b. A linear dependence of the decrease in the concentration of chlorophyll a in elodea on UVA is observed. (Fig. 1) (Fig. 2)

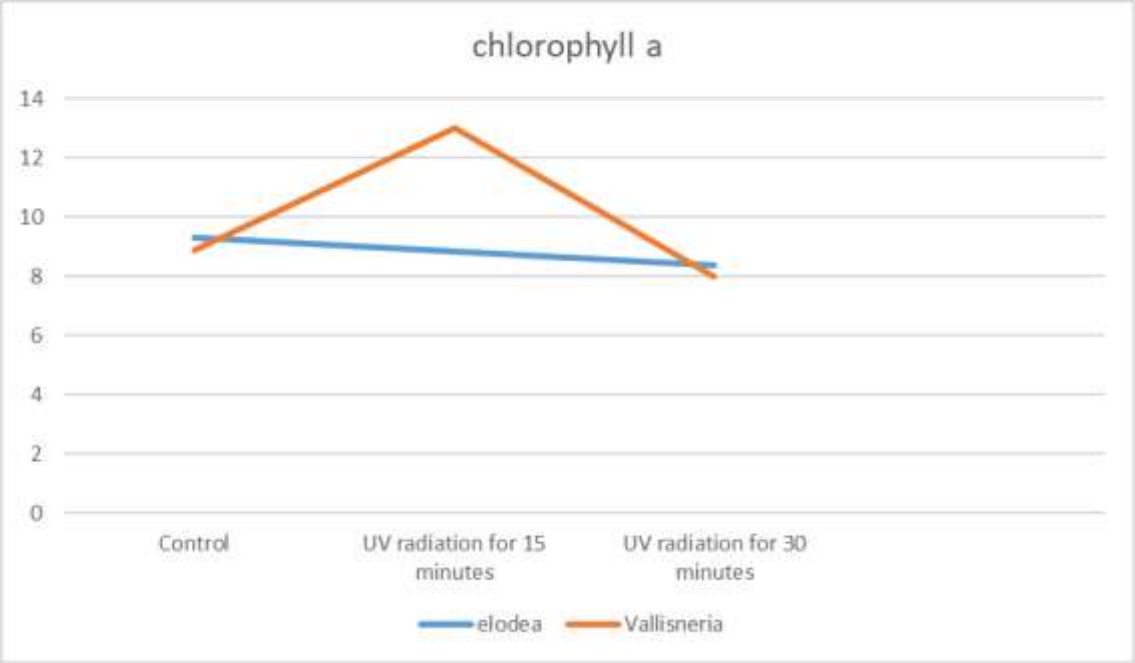


Figure 1. Dependence of chlorophyll a concentration on UV radiation

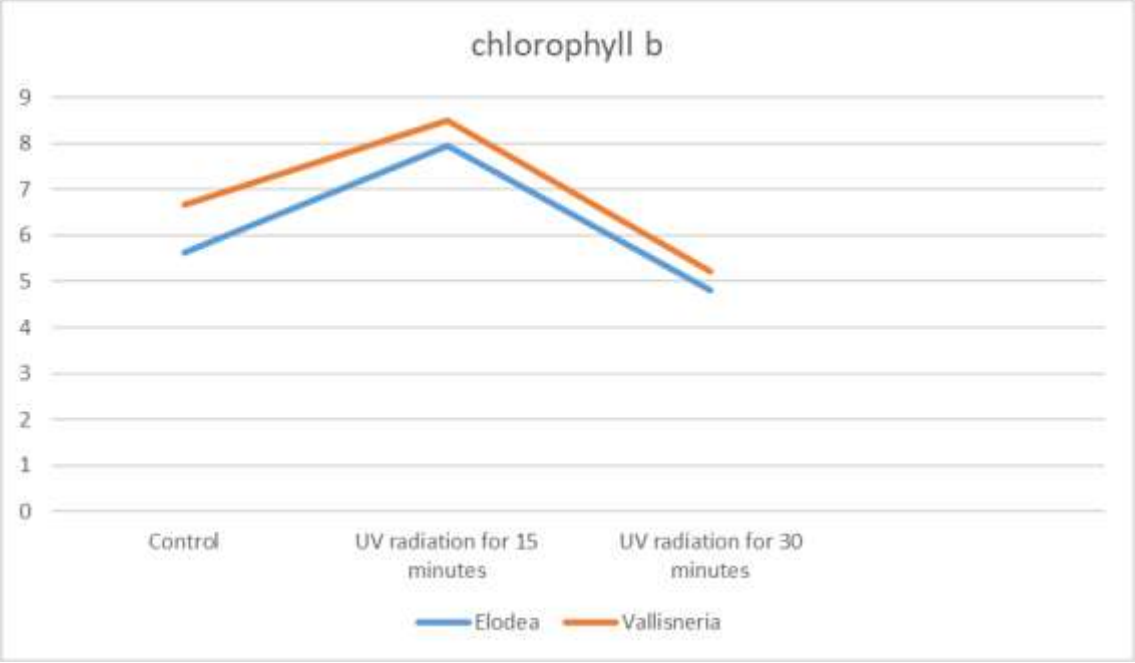


Figure 2. Dependence of chlorophyll b concentration on UV radiation

The concentration of carotenoids in both species changes similarly: when exposed to UVA for 15 minutes, it decreases, but when exposure is increased to 30 minutes, a partial recovery is observed, not reaching the control value. Partial restoration of carotenoids is observed because they have antioxidant properties. This is a kind of self-

repair system of plants. In this way they protect themselves from ultraviolet radiation. (Fig. 3)

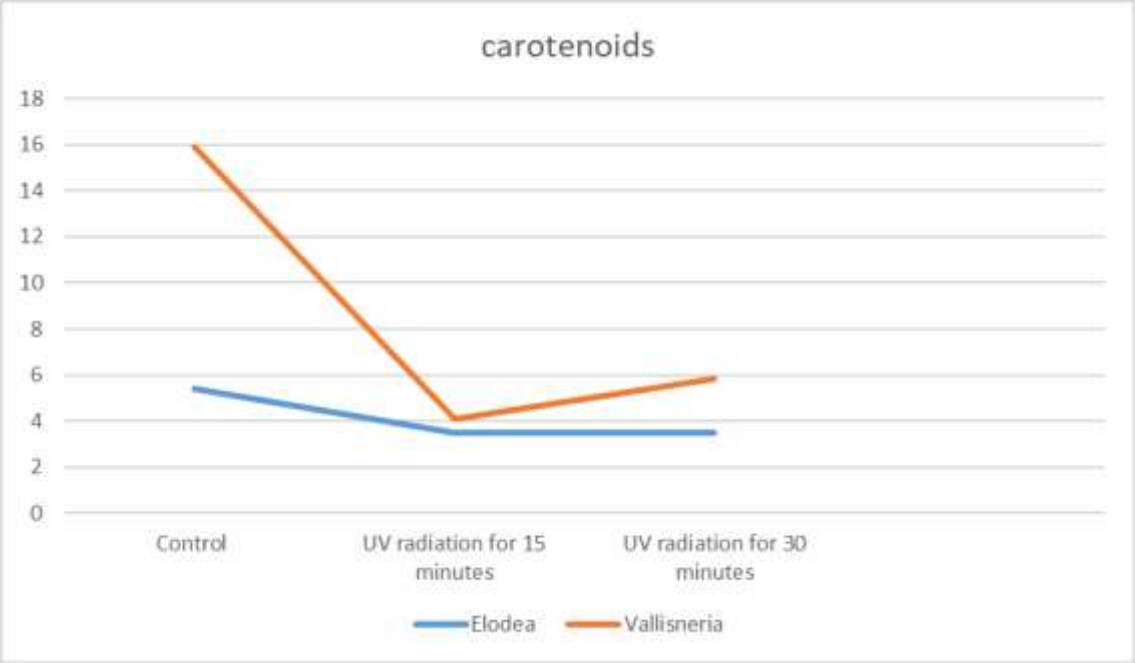


Figure 3. Dependence of carotenoid concentration on UV radiation

List of references:

1. Xie L., Solhaug K. A., Song Y., Johnsen B., Olsen J. E., Tollefsen K. E. Effects of artificial ultraviolet B radiation on the macrophyte Lemna minor: a conceptual study for toxicity pathway characterization. Planta. - 2020. - Vol. 252. - Article 86.

2. Huang Z., Leng M., Wu X., Ge X., Gong M., Liu H., Wang X., Li H., Mou X. Effect of UV-B Radiation on the Growth of Alien Myriophyllum aquaticum. Diversity. - 2025. - Vol. 17. - Article 661.

ACYLIMINIUM SALTS AS ALKYLATING REAGENTS

Klimko Yurii
Ph.D, Ass. prof
National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"
Kiyv. Ukraine

Koshchii Iryna
Ph.D, prof
National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"
Kiyv. Ukraine

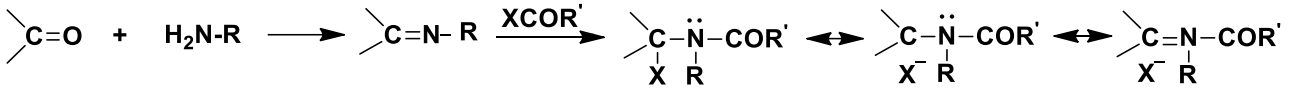
Introduction

Acyliminium salts are electrophilic reagents that potentially allow the introduction of various bulk nitrogen-containing groups in aromatic structures, to synthesize important, but inaccessible by other methods, heterocycles. However, the examples in the literature are limited to only a few cases of C-alkylation of aromatic substrates and the synthesis of 2-azetidinones. In the presented work the range of possible aromatic and heteroaromatic objects for alkylation with various acyliminium salts is expanded. Thus, 1-p-tolyl-N-p-methoxyphenyl-3-oxotetrahydroisoquinoline and 3,4- (2,3-thiopheno) -N-p-methoxyphenyl-5-p-tolyl-2-pyralidone were synthesized. With yields of 54 and 46%, respectively. The fundamental possibility of using acyliminium salts for N-alkylation of aliphatic amines and amino acid esters is shown. Synthesized N-[1-methyl-p-tolyl-1- (p-tolylamido-N'-p-methoxyphenyl)] isopropylamine, methyl esters of N- [1-methyl-p-tolyl-1- (p-tolylamido-N '-n-methoxyphenyl)] glycine, valine, dimethylglycine and adamantiglycine with yields of 53, 49, 47 and 36%, respectively. The structure of all synthesized compounds is proved by physicochemical methods.

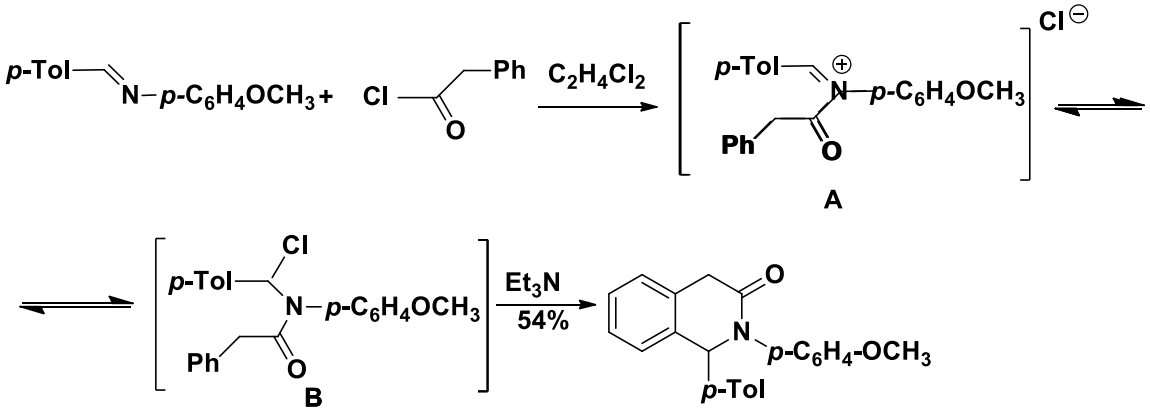
Key words: aciiminium salt, C-alkylation, N-alkylation, triethylamine.

Amidoalkylating reagents, as can be seen from the literature [1,2], are of great importance for the synthesis of various derivatives of heterocycles by C- or N-alkylation. However, acyliminium salts, which belong to this class of reagents, have been used only for C-alkylation and only in a few cases [2], in particular, for the synthesis of important 2-azetidinones. The aim of the work was both to expand the range of objects for C-alkylation with acyliminium salts and to determine the possibilities of using the latter for N-alkylation.

When considering the reactivity of acyliminium salts, first of all, we must take into account their electrophilic nature. The unshared electron pair of the nitrogen atom, although conjugated to a carbonyl group, still has a significant effect on the C-X bond due to the α-effect.



R, R '= Alk, Ar; X = Hal, O-, N-, S- or **P**-containing groups.



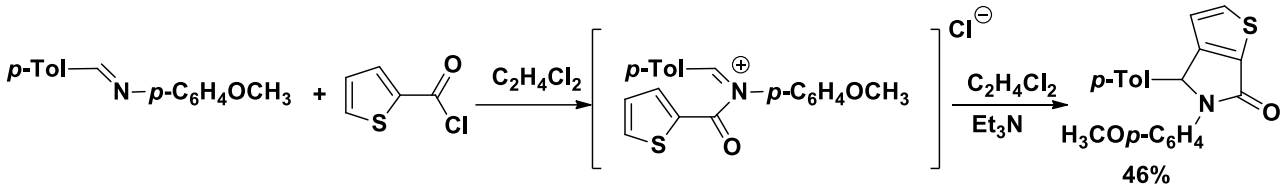
The contribution of ionic structures undoubtedly depends on the electronic nature of the substituent X, but even for N-1-haloalkylamides in the steady state it is not dominant, although it provides increased mobility of functional substituents X in reactions with nucleophiles. Interestingly, the electrophilicity of amidoalkylating agents can increase significantly in the presence of not only mineral acids or Lewis acids, but also bases. In the latter case, an important role is obviously played by intermediates with active electrophilic ability.

As a reagent in our studies was used acyliminium salt obtained from the corresponding Schiff base and phenylacetic acid chloride according to standard methods [2]. Such salts are not stable, they exist only in solutions for a limited time.

Advantageously, there is an equilibrium between the ionic structure (A) and the covalent structure (B).

Similar acyliminium salts have been used to alkylate the benzene nucleus [2]. The authors used AlCl3 as a catalyst. However, when trying to reproduce this experiment, strong tarring was observed and the target product could not be isolated. When Lewis acid was replaced by Et_3N, a 4-hour boiling in dichloroethane gave an alkylation product in 54% yield. The following signals are observed in the PMR spectrum of the isolated compound: methyl group (δ = 2.36 ppm), methoxyl group (δ = 3.74 ppm), methylene group (δ = 4.24, 1H, j = 3 , 3 Hz, δ = 4.87, 1H, j = 3.3 Hz), hydrogen atoms in aromatic cycles (δ = 6.79- 7.33 ppm). The IR spectrum shows at 1760 cm-1 the valence vibrations of the amide carbonyl group.

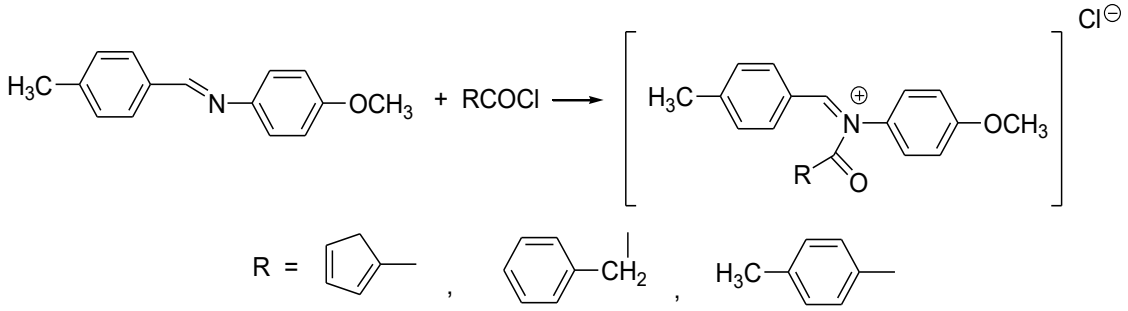
It would be interesting to use the acyliminium salt to alkylate another aromatic system also under the influence of Et_3N. For this purpose, a suitable salt based on 2-thiophenecarboxylic acid chloride was obtained. An experiment was performed where, by analogy with the above, intramolecular alkylation of the thiophene ring to position 3 was allowed. Alkylation to position 5, which could be an alternative as the most favorable, is impossible due to the formation of a double-bonded bridge structure at the bridge head. Substitution to position 4 is not possible for the same reason.



The experiment was performed under the same conditions. The alkylation product was isolated with a yield of 46%. In the PMR spectrum (δ, ppm) of the alkylation product there are signals: methyl group (2.31), methoxyl group (3.82), hydrogen in phenyl nuclei (6.81-7.21), hydrogen in the thiophene fragment (6.53, 1H, j = 6.6 Hz, 7.55, 1H, j = 6.6 Hz), tertiary hydrogen singlet (7.91). The IR spectrum shows at 1680 cm-1 the valence vibrations of the amide carbonyl group. These data prove the structure of the synthesized compound.

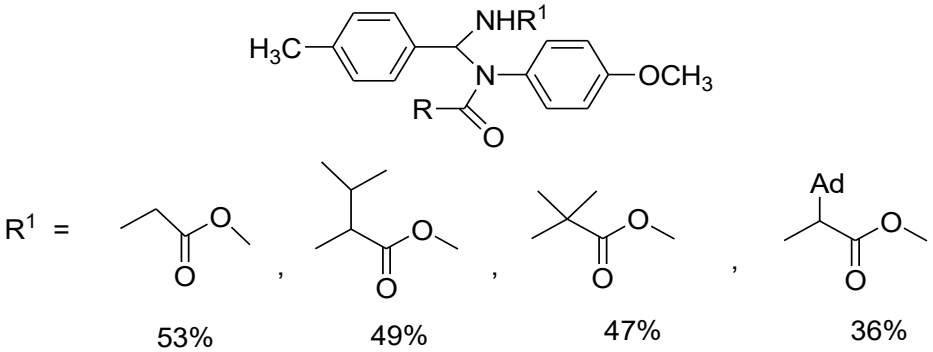
Reaction of acyliminium salts with amino acid esters.

For the first time, the possibility of N-alkylation of amino acids of acyliminium salts with the formation of appropriate N-alkylamides is shown. Yield acyliminium salts were obtained according to the scheme according to the standard method [1,2].



Development of the method of synthesis of potentially biologically active compounds based on acyliminiun salts and natural amino acids.

Synthesis was carried out by boiling reagents in dichloromethane in the presence of triethylamine.



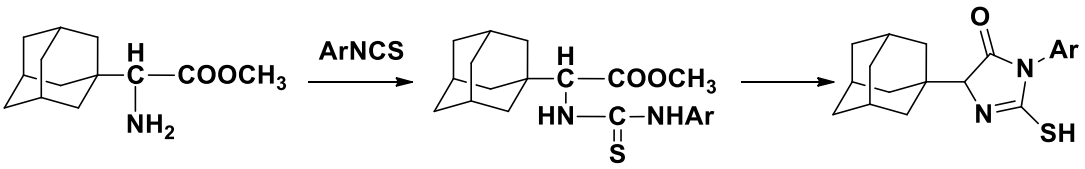
Yield for the corresponding esters are indicated in the scheme. A wide range of diverse radicals. As in the amino acid, and in acylating components leads to a large number of compounds with possible physiological activity. All synthesized substances were identified by spectroscopic methods.

A convenient method of synthesis of potentially physiologically active compounds based on natural amino acids has been developed.

Adamantylcontaining derivatives of natural α-aminoacids.

Adamantylglycin was synthesized by method [3]. As arylisotheocyanates, the following reagents of the company Lankaster were used: phenylisothioate, p-chlorophenilisothioate, 2- naphthylisothioate. Studies of NMR ^1H spectra were performed on the JEOL spectrometer (90 MHz) in $CDCl_3$, chemical shifts were measured in δ -shift. Chromatomass spectra are measured on the Hewlett-Packard 5890-II device with a detector MSD 59771A (capillary 30 m, HP-1, 100-250 °C, 10° / min).

Thiohydantoines are formed by cyclization of α-aminoacids phenylthiocarbamoyl derivatives by acidic agentes action. This reaction is used for the determination aminoacids followance of peptides for Edman's. We have found that thioures forming under heating methyl-1-adamantyl glycine ester with various isothiocyanates in benzene give thiohydantoines spontaneously with quantitative yield. The PMR spectrums analysis has shown produced thiohydantoines to exist in solution as thioenol form exclusively. For example, Ar = Ph: 7.8 ppm, SH; 3.57 ppm, singlet CH. The obtained substances could be interesting as matters for biological study.



Reference

[1]. Bohme H., Hartke K.// Chem. Ber.-1963.-96, №2-S.600-603.

[2]. Drach B.S., Brovarets V.S., Smoliy O.B.//Synthesis of nitrogen-containing heterocyclic compounds based on amidoalkylating agents/ Kyiv.: Naukova Dumka, 1992.- 174 p.

[3]. Krasutsky P.A., Novicova M.I., Semenova I.G. Chim. pharm. 2., 1985. V.19, #17, pp. 825-829.

DEVELOPMENT AND INVESTIGATION OF COMPOSITIONS BASED ON ETHYLENE-PROPYLENE-DIENE MONOMER (EPDM) MODIFIED WITH POLYPROPYLENE PRODUCTION WASTE

Movlayev Ibrahim
Azerbaijan State Oil and Industry University, associate professor

Aliyeva Laman Mubarızgızı
Azerbaijan State Oil and Industry University, master

Rahimova Shukurova Firangiz Refail
Azerbaijan State Oil and Industry University, teacher

Abstract

In this study, new compositions were developed based on ethylene-propylene-diene monomer (EPDM) using polypropylene (PP) production waste. The EPDM rubber was first plasticized on laboratory rollers within a temperature range of 50-60°C. Subsequently, the PP production waste was added to the plasticized rubber to undergo mechanical modification (Table 1). The mechanical modification process was conducted on rollers at 50-60°C for a duration of 4-5 minutes. Various ratios were tested, with the mass fraction of polypropylene waste in the mixture set at 2, 4, 6, 8, and 10 parts by weight.

The rheological parameters of the resulting polymer systems were analyzed using an IIRT-5 capillary viscometer at temperatures of 105°C, 125°C, 155°C, 175°C, and 190°C, under stress conditions generated by different loads (2, 4, 6, 8, and 10 kg). By investigating the flow characteristics of the binary system melts through a 1 mm diameter capillary at a distance of S=0.02 cm, the shear rate and volumetric flow rate indicators were mathematically calculated. Experimental results indicate that all samples exhibit non-Newtonian (pseudoplastic) flow behavior.

Keywords: Ethylene-propylene-diene monomer (EPDM-60), polypropylene waste, modification process, novel binary systems, shear rate, shear stress.

Introduction

One of the most important issues currently facing the modern chemical industry is the efficient recycling of polymer waste and the reintroduction of this waste as secondary raw materials into production circulation. The use of various polymer wastes, especially polyolefins (polyethylene and polypropylene), to improve the operational properties of rubber products manufactured from synthetic rubbers while simultaneously reducing their cost is considered one of the current directions [1-3].

Ternary ethylene-propylene rubber (SKEPT) exhibits fairly good resistance to ozone, high temperatures, and atmospheric influences due to its low degree of unsaturation. However, in many technical applications, such rubbers are expected to provide higher hardness, abrasion resistance, and stability in aggressive environments (e.g., petroleum products and acids). To achieve these properties, the use of thermoplastic polymers alongside traditional fillers is considered particularly important.

Polypropylene (PP) is a thermoplastic polymer with unique properties such as a high melting point, chemical resistance, and mechanical strength. Various studies show that incorporating polypropylene into an elastomer matrix (rubber) results in a heterogeneous structure. Within this structure, the PP phase acts as a rigid framework in the vulcanized rubber medium, thereby increasing the overall strength of the material while preventing the diffusion of solvents [4-6].

The scientific novelty of this research lies in the fact that polypropylene production waste, rather than pure polypropylene, was used as the starting raw material. This waste served not merely as a filler but also as an active modifier, replacing a certain portion of the rubber. Within the framework of this study, the optimal amount of PP waste added to rubber compounds based on SKEPT-60 rubber was determined, and the comprehensive properties (mechanical, thermal, and chemical) of the obtained vulcanizates were evaluated.

Materials and Methods

To carry out the research work, compositions with different ratios were prepared based on ternary ethylene-propylene copolymer (SKEPT) and polypropylene (PP) waste. Initially, SKEPT was plasticized in a laboratory roll mill at a temperature of 50-60°C for 4–5 minutes, after which PP waste was added to prepare the binary mixture. The ratios of the binary mixture are given in Table 1.

Table 1.

Ratio of the binary mixture consisting of EPDM-60 and PP waste.

№	Mixture code / Component	1	2	3	4	5	6
1	EPDM	100	98	96	94	92	90
2	PP- homopolymer	-	2	4	6	8	10

The rheological properties of the obtained binary mixtures were investigated using an IIRT-5 capillary viscometer at four temperatures (105, 125, 155, 175, 190°C) under stress created by different loads (G1=11.75; G2=20.85; G3=26.1; G4=32.6 kg). The time taken for the binary mixture to flow through a capillary with a radius of 1 mm at a distance of S = 0.02 cm under the influence of each load at 105°C and 125°C is recorded in Table 2 below:

Table 2.

Time taken for the melt of EPDM-60/PP waste binary mixture to flow (in seconds)

No	105°C				125°C			
	11,75kg	20,85kg	26,1kg	32,6kg	11,75kg	20,85kg	26,1kg	32,6kg
1	365.69	88.32	49.37	31.62	273.18	64.28	31.63	21.18
2	374.12	95.85	58.36	43.65	284.12	69.78	34.18	23.82
3	383.15	107.90	64.72	51.20	290.60	72.83	38.25	25.72
4	394.80	110.25	73.18	60.92	296.28	75.19	40.75	27.80
5	403.18	112.14	80.19	69.83	299.18	78.82	42.82	29.34

The following formula is used to calculate the pressure exerted by the applied loads on the surface of the samples:

$$P = \frac{G}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{G}{0{,}7144}\,\frac{kg}{cm^2} \quad (1)$$

In the formula: G – load (kg), d – 0.954 cm – capillary diameter. The pressures obtained according to various loads are as follows.

The obtained pressures: P1=16.45; P2=29.19; P3=36.53; P4=45.63 kg/cm²

To calculate the shear stress created by each load taking into account the pressures:

$$\tau = \frac{P \cdot r \cdot 9{,}806 \cdot 10^2}{2l} = \frac{P \cdot 0{,}05}{1{,}6}\ \text{Pa} \quad (2)$$

Here: r = 0.05 cm – capillary radius, l = 1.6 cm – capillary height. Lg τ values: 3.70; 3.95; 4.05; 4.15.

Based on the above, the volumetric flow rate of the binary system is determined as follows:

$$Q = \frac{S}{t} \cdot \frac{\pi d^2}{4} = \frac{0{,}014288}{t}\,\frac{cm^3}{sec} \quad (3)$$

Where S is the flow distance (0.02 cm) and t is the time required for the melt to flow through the distance of 0.02 cm.

Average value of the shear rate:

$$\gamma = \frac{Q}{\pi r^3} = \frac{Q}{0{,}0003925} \quad (4)$$

True shear rate of the melts:

$$\gamma^{\cdot} = (n+3)\,\gamma \quad (5)$$

Results and discussion

The calculated volumetric flow rate is recorded in Table 3.

Table 3.

Volumetric flow rate (Q) values of SKEPT-60/PP waste binary mixture at 105°C and 125°C under the influence of different loads and at different times (cm^3/s)

Samples	1st load	2nd load	3rd load	4th load
105°C				
1A	0,0000390	0,0001617	0,0002894	0,0004518
2A	0,00003819	0,0001490	0,0002448	0,0003273
3A	0,00003729	0,00013242	0,0002207	0,0002790
4A	0,00003619	0,000129596	0,0001952	0,0002345
5A	0,00003544	0,000127412	0,0001781	0,0002046
125°C				
1A	0,000052303	0,0002222	0,0004517	0,0006745
2A	0,000050288	0,0002047	0,0004180	0,0005998
3A	0,000049167	0,0001961	0,0003735	0,0005555
4A	0,000048225	0,0001900	0,0003506	0,0005139
5A	0,000047757	0,0001812	0,0003336	0,0004869

Based on the calculations, the curves of the dependence of the shear rate (log γ̇) on the shear stress (log τ) for the EPDM-60/PP waste binary system at temperatures of 105, 125, 155, 175, and 190°C were plotted based on the results of the corresponding calculations (Fig. 1).

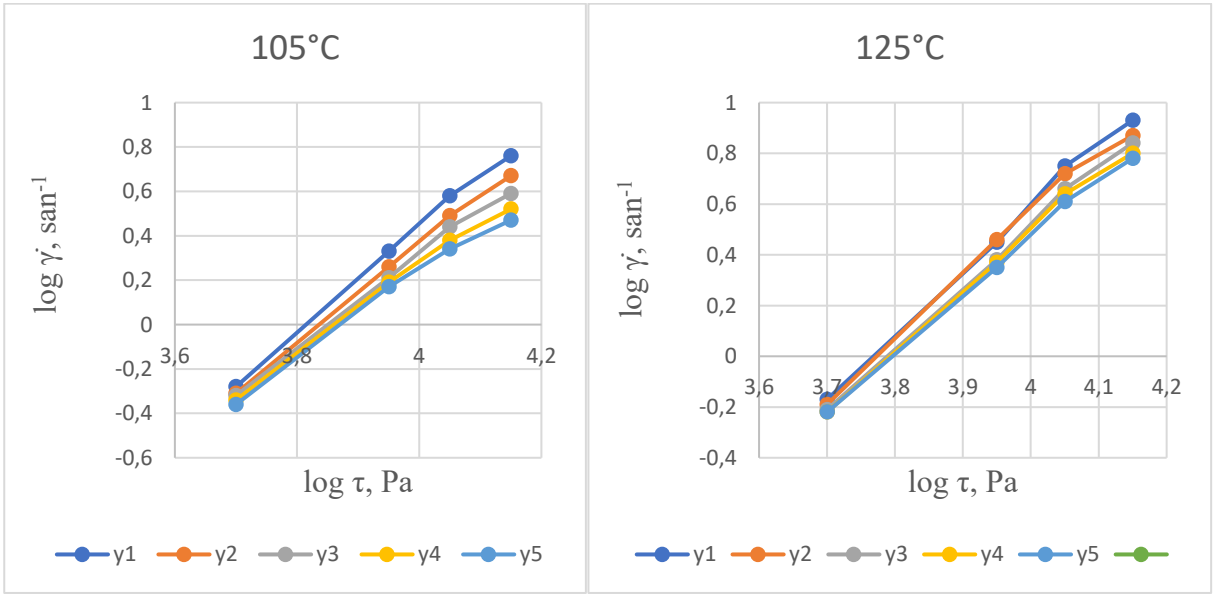


Figure 1. Dependence of shear rate on shear stress.

Conclusion

Rheological measurements of the compositions obtained by the laboratory-scale modification of EPDM-60 rubber with polypropylene (PP) production waste, conducted using an IIRT-5 capillary viscometer (at 105°C and 125°C), led to the following conclusions:

1. As the load applied to the surface of the melts increases (from 11.75 to 32.6 kg) under different temperature regimes (105°C and 125°C), the volumetric flow rate of the melts also increases.

2. Raising the temperature from 105°C to 125°C caused a sharp increase in the volumetric flow rate for all samples. This phenomenon is attributed to the decrease in the intrinsic viscosity of the binary mixture at high temperatures, which facilitates the technological processing.

3. Under conditions of constant temperature and constant load, a decrease in the volumetric flow rate is observed as the amount of PP production waste in the mixture increases.

4. As the shear stress exerted on the melts increases, the shear rate of the melts also increases.

5. As the dielectric properties of the compositions obtained from the mechanical modification of EPDM-60 rubber with PP waste improve, they will be suitable for use in the cable industry.

Literature

1. Fariz A. Amirli, Ibrahim H. Movlayev, Aynur F. Mammadova, STUDY OF THE RHEOLOGY OF THE TERNARY ETHYLENE-PROPYLENE RUBBER WITH MODIFIED PHENOL-FORMALDEHYDE OLIGOMERS AND THE PROPERTIES OF FILLED COMPOSITE MATERIALS BASED ON THEM. PPOR, No. 1 (2025): Special issue, pp. 123-134. Selected Proceedings of “MacroFrontiers 2025: 3rd InternationalConference on Macromolecular Compounds” https://doi.org/10.62972/1726-4685.si2025.1.123

2. Fariz A. Amirli, Ibrahim H. Movlayev, Aynur F. Mammadova STUDY OF THE RHEOLOGY PROPERTIES OF THE MIXTURE OF TERMINAL ETHYLENE-PROPYLENE RUBBER WITH BENZYNAMINE-MODIFIED PHENOL-FORMALDEHYDE OLIGOMER PPOR,Vol. 26, No. 1, 2025, pp.229-239 https://doi.org/10.62972/1726-4685.2025.1.229

3. I.Movlayev, T.Aghayev, F. Amirli, R.Bayramov EPOXY–NBR COMPOSITES FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE: MATERIAL INNOVATIONS FOR RISK REDUCTION AND RESILIENCE. EPOXY–NBR COMPOSITES FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE: MATERIAL INNOVATIONS FOR RISK REDUCTIONRT&A, Special Issue No. 9 (87), Volume 20, November 2025, pp.908-915. https://gnedenko.net/Journal /2025/ Sİ 092025/ RTA_Sİ092025_RİSK 2025-108.pdf

4. Fariz A.Amirli, Ibrahim H.Movlayev. COMPOSITIONS BASED ON BUTADIENE-NITRILE RUBBER MODIFIED WITH OLIGOMERS WITH FUNCTIONAL GROUPS. PPOR, Vol. 26, No. 1, 2025, pp.249-258. https://doi.org/10.62972/1726-4685.si2025.1.249

5. Ibrahim H. Movlayev. COMPOSITIONS BASED ON EPOXIDIAN OLIGOMER MODIFIED WITH LOW MOLECULAR BUTADIENE-NITRILE RUBBER. PPOR,Vol. 26, No. 3, 2025, pp.688-69 https://doi.org/10.62972/1726-4685.2025.3.688

6. Fariz Amirli, Rana Khankishiyeva, Ibrahim Movlayev, Aynur Mammadova. PHYSICS AND CHEMISTRY OF SOLID STATEV.26, No.3(2025) pp.549-555 DOI: 10.15330/pcss.26.3.549-555.

7. F. A. Amirov, G. A. Aliyeva, F. R. Rahimova & G. F. Rustamova. Fuzzy C-Means Based Synthesis of Ion-Exchange Materials. pp 487–495. 11th World Conference “Intelligent System for Industrial Automation” (WCIS-2020). DOI 10.1007/978-3-030-68004-6_64

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF COMPOSITES BASED ON ETHYLENE-PROPYLENE DIENE MONOMER (EPDM) FILLED WITH SLUDGE MINERAL FILLERS

Movlayev Ibrahim
Azerbaijan State Oil and Industry University, associate professor

Hajizada Shahnaz
Azerbaijan State Oil and Industry University, master

Rahimova Shukurova Firangiz
Azerbaijan State Oil and Industry University, teacher
Department of Technology of Organic Substances and High-Molecular Compounds

Abstract

In this study, compositions based on ethylene-propylene-diene monomer (EPDM) rubber were fabricated by incorporating sludge-type mineral fillers at varying mass ratios (0, 2, 4, 6, 8, and 10 parts by weight). Systematic modifications of their structural and mechanical properties were performed. The blends were homogenized using a laboratory two-roll mill within a temperature range of 40–60°C for a duration of 4–5 minutes. The rheological properties of the resulting binary mixtures were investigated using an IIRT-5 type capillary viscometer across a temperature range of 110, 135, 158, and 180°C under various shear stress conditions.The flow time of the binary systems was experimentally determined across a distance of 0.02 cm through a capillary channel with a diameter of 1 mm. Based on the obtained data, the volumetric flow rate and shear rate were calculated. The analysis revealed that all samples exhibit non-Newtonian behavior, specifically characterized by pseudoplastic flow characteristics.

Keywords: Ethylene-propylene-diene monomer rubber, sludge-type mineral filler binary systems, rheological properties,capillary viscometry,pseudoplastic flow, mechano-chemical modification,filler–matrix interaction

Introduction

In the modern polymer industry, ethylene-propylene-diene monomer (EPDM) is considered one of the most promising synthetic elastomers, distinguished by its high thermal stability, inertness toward ozone, and ability to maintain stability in aggressive chemical environments. The saturated nature of this material's molecular structure, particularly its main chain, ensures its high resistance to oxidation and degradation processes.In order to further enhance the technical performance of EPDM and optimize

production costs, the incorporation of various active fillers into the matrix represents a highly relevant scientific and technological direction. In this study, the use of sludge mineral filler as a filling agent holds significant importance from both economic and structural modification perspectives.The incorporation of sludge, an industrial waste, into elastomer composites enables an enhancement of the physical-mechanical properties of the material, particularly its hardness and tensile strength. Although EPDM is a hydrocarbon-based polymer, the active centers on the surface of the mineral sludge particles facilitate an effective interfacial interaction with the rubber macromolecules. As a result of such modifications, the adhesion between the components is strengthened, which improves the operational characteristics of the composite without the need for additional chemical additives. The application of sludge mineral filler positively influences not only the mechanical durability of the material but also its rheological behavior and thermal stability. Distributed within the polymer matrix, the filler particles act as 'junction points' (or cross-linking nodes) that regulate the mobility of the chains.This facilitates the development of next-generation composite materials with high technical performance and predictable properties. In the presented study, the rheological properties of EPDM rubber samples modified with sludge mineral filler, the mechanism of interaction between the polymer and the filler, and the effect of temperature on this system were investigated using an IIRT-5 capillary viscometer.

Materials and Methods

To conduct the research, various compositions based on ethylene-propylene-diene monomer (EPDM) rubber and sludge-type mineral fillers were prepared. In the initial stage, the EPDM was plasticized using a laboratory two-roll mill at a temperature of 40–60°C for a duration of 4–5 minutes. Subsequently, the mineral sludge filler was incorporated to formulate a two-component mixture. The component ratios of the resulting binary blends are detailed in Table 1.

Table 1.

Composition and component ratios of binary blends based on EPDM and mineral sludge filler

No	sample code / Components	1	2	3	4	5	6
1.	SKEPT	100	100	100	100	100	100
2.	Mineral sludge filler		2,0	4,0	6,0	8,0	10,0

The rheological parameters of the synthesized binary blends were investigated using an IIRT-5 capillary viscometer. The experiments were conducted under four distinct temperature regimes (110, 135, 158, and 180°C) and under stress conditions generated by applying various loads (G_1 = 11.75; G_2 = 20.85; G_3 = 26.1; G_4 = 32.6 kg). Table 2 presents the flow time measurements required for the mixture to traverse a

distance of 0.02 mm within a capillary with a radius of 0.05 mm at temperatures of 110°C and 135°C under the influence of each applied load.

Table 2.

Flow time (s) of EPDM-based binary blend melts under the influence of various temperatures and loads

№	110°C				135°C			
	11,75 kq	20,85 kq	26,1 kq	32,6 kq	11,75 kq	20,85 kq	26,1 kq	32,6 kq
1	373,40	89,65	50,08	31,62	275,28	64,75	31,18	21,70
2	394,25	99,47	61,12	40,82	286,19	78,49	46,28	31,12
3	402,12	108,26	69,83	49,70	305,14	92,62	59,26	40,23
4	410,28	126,32	83,80	55,79	325,28	112,58	72,48	46,17
5	420,25	139,36	90,72	63,47	345,24	128,47	90,52	60,28
6	434,18	149,12	99,27	69,28	365,12	138,41	105,48	70,17

The pressure (P) exerted by the applied loads on the polymer melts was calculated using the following relation:

$$P = \frac{G}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{G}{0{,}7144}\,\frac{kq}{sm^2}$$

The pressure (P) generated by the applied loads was calculated considering the piston diameter (d = 0.954 cm). The calculated pressure values are as follows: P1 = 16.45, P2 = 29.19, P3 = 36.53, and P4 = 45.63 kg/cm^2. Taking these pressures into account, the shear stress (tau) induced by each load at the capillary wall is determined using the following equation:

$$T = \frac{P \cdot r \cdot 9{,}806 \cdot 10^2}{2l} = \frac{P \cdot 0{,}05}{1{,}6}\ \text{Pa}$$

The values for the logarithm of shear stress (lg \tau) were determined as 3.70, 3.95, 4.05, and 4.15, respectively, based on the capillary radius (r = 0.05 cm) and height (l = 1.6 cm). These values represent the stress distribution at the capillary wall during the melt flow of the EPDM-based composites.

$$Q = \frac{S}{t} \bullet \frac{\pi d^2}{4} = \frac{0{,}014288}{t}\,\frac{sm^3}{san}$$

Average shear rate:

$$\dot{\gamma} = \frac{Q}{\pi r^3} = \frac{Q}{0{,}0003925}$$

Shear rate:

$$\dot{\gamma}' = (n+3) \cdot \dot{\gamma}$$

Results and discussion

The calculated volumetric flow rates are presented in Table 3.

Table 3.

Volumetric flow rates of the binary blend at 110°C and 135°C under the influence of various loads and at different time intervals

№	110°C				135°C			
	11,75 kq	20,85 kq	26,1 kq	32,6 kq	11,75 kq	20,85 kq	26,1 kq	32,6 kq
1	0,00003 8265	0,00015 9375	0.00028 5304	0,0004 51865	0,000051 903	0,000220 66	0,00045 8242	0,00065 8433
2	0,00003 62409	0,00014 3641	0,00023 3769	0,0003 50024	0,000049 925	0,000182 0359	0,00030 8557	0,00045 9125
3	0,00003 5531	0,00013 1978	0,00020 4611	0,0002 87484	0,000046 824408	0,000154 2647	0,00024 110698	0,00035 5157
4	0,00003 48249	0,00011 310956	0,00017 050119	0,0002 56103	0,000043 92523	0,000126 91419	0,00019 713024	0,00030 9465
5	0,00003 39998	0,00010 25258	0,00015 74955	0,0002 25114	0,000041 3857	0,000111 216626	0,00015 784357	0,00023 7145
6	0,00003 290801	0,00009 581545	0,00014 39307	0,0002 06236	0,000039 13234	0,000103 22954	0,00013 54569	0,00020 361978

The dependence of shear rates, calculated based on mean displacement rates, on shear stress is illustrated in Figure 1.

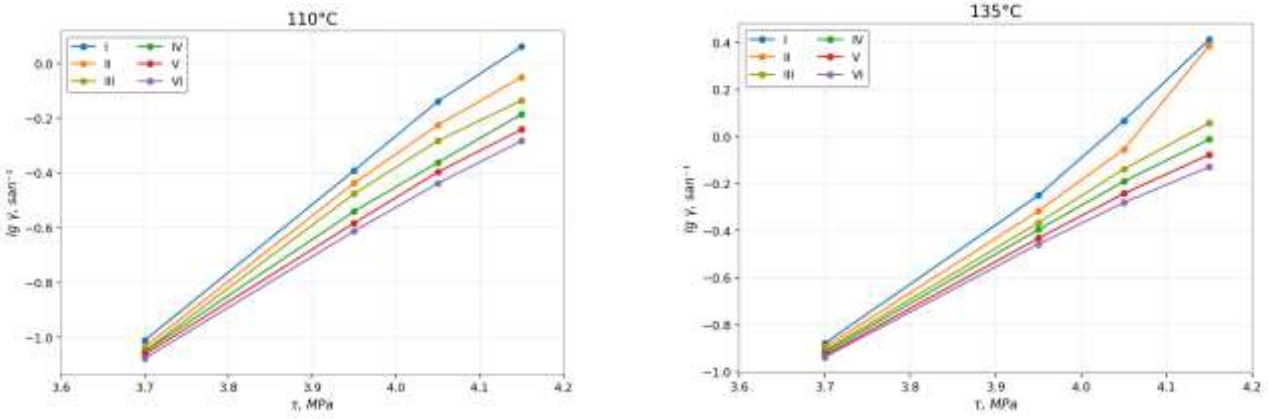


Figure 1. Dependence of shear rate on shear stress.

Conclusion

The rheological properties of binary systems based on a blend of EPDM rubber and industrial waste sludge mineral fillers, analyzed at temperatures of 110°C and 135°C under various stress regimes, lead to the following scientific conclusions:

1.The research indicates that with an increase in the applied loads (11.75–32.6 kg), the effective viscosity of all compositions decreases monotonically. This confirms the non-Newtonian flow behavior of the material. At the molecular level, this process is attributed to the orientation of EPDM macromolecules and sludge mineral fillers along

the flow direction under increasing stress, which results in an increase in internal frictional resistance.

2. An increase in the study temperature from 110°C to 135°C leads to a sharp decline in the system's viscosity and an increase in the shear rate. This thermal effect enhances the mobility of the polymer matrix and facilitates sliding within the interaction zones between the mineral filler and the polymer, thereby improving the energy efficiency of the processing at elevated temperatures.

3.Variations in the concentration of the sludge mineral filler (0–10.0 parts by mass) directly influence the character of the rheological curves. It was determined that the addition of mineral particles modifies the structural-mechanical properties of the system, particularly under constant stress conditions, enabling the regulation of the flow rate. This confirms that the sludge acts as an effective modifier.

4.Calculations performed over various time intervals (based on volumetric flow rate parameters) confirm that the distribution of components within the composition is sufficiently homogeneous. The stabilization of flow indicators under constant load demonstrates that the sludge filler is uniformly distributed within the EPDM matrix and indicates that the risk of degradation is minimal.

5.The utilization of sludge mineral fillers enables the control of the physical-mechanical properties of future ethylene-propylene-based compositions without the need for additional expensive or toxic chemical components. This demonstrates the practical and ecological significance of the research, both in terms of reducing production costs and the utilization of industrial waste.

Literature

1. Fariz A. Amirli, Ibrahim H. Movlayev, Aynur F. Mammadova, STUDY OF THE RHEOLOGY OF THE TERNARY ETHYLENE-PROPYLENE RUBBER WITH MODIFIED PHENOL-FORMALDEHYDE OLIGOMERS AND THE PROPERTIES OF FILLED COMPOSITE MATERIALS BASED ON THEM. PPOR, No. 1 (2025): Special issue, pp. 123-134. Selected Proceedings of “MacroFrontiers 2025: 3rd InternationalConference on Macromolecular Compounds” https://doi.org/10.62972/1726-4685.si2025.1.123

2. Fariz A. Amirli, Ibrahim H. Movlayev, Aynur F. Mammadova STUDY OF THE RHEOLOGY PROPERTIES OF THE MIXTURE OF TERMINAL ETHYLENE-PROPYLENE RUBBER WITH BENZYNAMINE-MODIFIED PHENOL-FORMALDEHYDE OLIGOMER PPOR,Vol. 26, No. 1, 2025, pp.229-239 https://doi.org/10.62972/1726-4685.2025.1.229

3. I.Movlayev, T.Aghayev, F. Amirli, R.Bayramov EPOXY–NBR COMPOSITES FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE: MATERIAL INNOVATIONS FOR RISK REDUCTION AND RESILIENCE. EPOXY–NBR COMPOSITES FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE: MATERIAL INNOVATIONS FOR RISK REDUCTIONRT&A, Special Issue No. 9 (87), Volume 20, November 2025, pp.908-915. https://gnedenko.net/Journal /2025/ Sİ 092025/ RTA_Sİ092025_RİSK 2025-108.pdf

4. Fariz A.Amirli, Ibrahim H.Movlayev. COMPOSITIONS BASED ON BUTADIENE-NITRILE RUBBER MODIFIED WITH OLIGOMERS WITH FUNCTIONAL GROUPS. PPOR, Vol. 26, No. 1, 2025, pp.249-258. https://doi.org/10.62972/1726-4685.si2025.1.249

5. Ibrahim H. Movlayev. COMPOSITIONS BASED ON EPOXIDIAN OLIGOMER MODIFIED WITH LOW MOLECULAR BUTADIENE-NITRILE RUBBER. PPOR,Vol. 26, No. 3, 2025, pp.688-69 https://doi.org/10.62972/1726-4685.2025.3.688

6. Fariz Amirli, Rana Khankishiyeva, Ibrahim Movlayev, Aynur Mammadova. PHYSICS AND CHEMISTRY OF SOLID STATEV.26, No.3(2025) pp.549-555 DOI: 10.15330/pcss.26.3.549-555.

7. F. A. Amirov, G. A. Aliyeva, F. R. Rahimova & G. F. Rustamova. Fuzzy C-Means Based Synthesis of Ion-Exchange Materials. pp 487–495. 11th World Conference “Intelligent System for Industrial Automation” (WCIS-2020). DOI 10.1007/978-3-030-68004-6_64

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MINERAL SLUDGE FILLER ON THE PROPERTIES OF BUTADIENE-STYRENE RUBBER-BASED COMPOSITIONS

Movlayev Ibrahim Humbat
Azerbaijan State Oil and Industry University, associate professor

Shahane Adilova Ilham
Azerbaijan State Oil and Industry University, master

Hüseynova Lamiyə Şahin
Azerbaijan State Oil and Industry University, teacher

Abstract.
The present research deals with mechanically modified compositions in which butadiene-styrene rubber of the SKS-30ARKM-15 grade has been combined with mineral sludge of industrial origin. Six binary mixtures, differing in filler loading (0; 2.0; 4.0; 6.0; 8.0; 10.0 parts by mass), were processed on a laboratory rubber-mixing roller within the temperature range 40–60 °C over a duration of 5–10 min. To assess their melt-flow behaviour, an IIRT-5 capillary viscometer was employed at 110 °C as well as at 153 °C, with four loading weights producing the working stresses (G_1 = 11.75; G_2 = 20.85; G_3 = 26.1; G_4 = 32.6 kg). For every composition, the interval needed by the molten polymer to cover a flow distance of 0.02 cm inside a 1 mm capillary was recorded; from these readings the volumetric throughput was first calculated, after which the average rate of shear and, finally, the effective viscosity were determined. Without exception, the obtained samples were found to follow a non-Newtonian, pseudoplastic mode of flow.

Keywords: *mineral sludge filler, butadiene-styrene rubber (BSR), rheology, capillary viscometer (IIRT-5), effective viscosity, non-Newtonian flow, shear rate, shear stress.*

1. INTRODUCTION

Among synthetic elastomers, butadiene-styrene rubber (BSR) occupies a particularly prominent place in modern industry. The breadth of its uses owes much to a favourable combination of features: pronounced resistance to abrasive wear, the capacity to endure many cycles of deformation, and a processing window that suits ordinary rubber-mill technology. As a rule, the performance of such elastomers is further enhanced — and the cost of the end-product simultaneously cut — through the addition of fillers, a step that has long been a routine element of compounding practice.

Within this context, fillers recovered from industrial side-streams attract special attention. Adding such powders to a synthetic polymer matrix tends to stiffen the resulting composite, while at the same time providing a meaningful route for utilising waste material and trimming the overall expense. Equally important, mineral-derived fillers offer a way to fine-tune the behaviour of the composite without resorting to costly chemical additives.

Sludge of mineral origin appears to be a particularly attractive candidate among such fillers. It is generated in considerable amounts as a side-product of metallurgical, petrochemical and refining operations, and is rich in oxides of calcium, magnesium, aluminium and silicon. Owing to this oxide-dominated composition, the sludge particles are expected to interact in a constructive manner with a BSR matrix.

Accordingly, the present paper is devoted to a systematic examination of the rheological response of SKS-30ARKM-15 grade BSR modified by mineral sludge, with measurements performed at distinct temperatures on an IIRT-5 capillary viscometer.

2. MATERIALS AND METHODS

Compounding was carried out on a laboratory roll mill, where the SKS-30ARKM-15 grade rubber was subjected to mechanical modification together with sludge filler in pre-defined proportions; the procedure was conducted at a roll-surface temperature of 40–60 °C and lasted for between 5 and 10 minutes. A standard recipe was followed for the additional ingredients: sulphur acted as the cross-linking agent, zinc oxide as the activator, diphenylguanidine and dibenzothiazole disulphide as accelerators, while carbon black and stearic acid completed the formulation. Six formulations differing only in the amount of sludge were thereby obtained (see Table 1).

Table 1.
Quantitative composition of the studied formulations (parts by mass)

Components	Sample I	Sample II	Sample III	Sample IV	Sample V	Sample VI
SKS-30ARKM-15 (BSR)	100	100	100	100	100	100
Mineral sludge filler	0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0

Rheological characterisation of the resulting compounds was performed on an IIRT-5 capillary viscometer at two test temperatures, namely 110 °C and 153 °C, the working stress in each case being supplied by four calibrated weights (G_1 = 11.75; G_2 = 20.85; G_3 = 26.1; G_4 = 32.6 kg). For every loading weight and at each of the two temperatures, the time required by the melt of a given formulation to pass through a 1 mm capillary across a distance of S = 0.02 cm was measured; the corresponding readings have been gathered in Table 2.

Table 2.

Outflow time (s) of the binary BSR/mineral-sludge melts forced through the capillary at 110 °C and 153 °C under the four working loads

Sample	110 °C				153 °C			
	11.75 kg	20.85 kg	26.1 kg	32.6 kg	11.75 kg	20.85 kg	26.1 kg	32.6 kg
I	no flow	129.15	72.63	31.70	57.69	16.26	9.14	5.14
II	no flow	162.59	91.43	39.91	72.63	20.47	11.51	6.47
III	726.28	204.69	115.11	50.25	91.43	25.77	14.49	8.15
IV	914.33	257.69	144.91	63.26	115.11	32.44	18.24	10.26
V	1151.07	324.42	182.43	79.63	144.91	40.84	22.97	12.92
VI	1449.11	408.41	229.67	100.25	182.43	51.42	28.91	16.26

The pressure transmitted by each loading weight to the melt placed inside the working chamber follows from:

$$P = G / (\pi D^2/4) = G / 0.7144 \quad (kg/cm^2) \qquad (1)$$

in which G stands for the loading weight (kg) and D denotes the chamber diameter (cm). For the IIRT-5 instrument used here the value D = 0.954 cm has been adopted.

The pressures so obtained are: $P_1 = 16.45$; $P_2 = 29.19$; $P_3 = 36.53$; $P_4 = 45.63$ kg/cm².

From these pressures the corresponding shear stress at the capillary wall is then evaluated by means of:

$$\tau = (P \cdot r \cdot 9.806 \cdot 10^4) / (2l) \quad (Pa) \qquad (2)$$

where r = 0.05 cm denotes the inner radius of the capillary tube and l = 1.6 cm corresponds to its effective working span.

The numerical values of the shear stress, together with their decimal logarithms, are listed below:

$\tau_1 = 5.0401 \cdot 10^4$ Pa, $\lg(\tau_1) = 3.70$ Pa

$\tau_2 = 8.9431 \cdot 10^4$ Pa, $\lg(\tau_2) = 3.95$ Pa

$\tau_3 = 11.1941 \cdot 10^4$ Pa, $\lg(\tau_3) = 4.05$ Pa

$\tau_4 = 1.3984 \cdot 10^5$ Pa, $\lg(\tau_4) = 4.145$ Pa

Likewise, for every formulation, the volumetric throughput corresponding to each load and each test temperature has been evaluated according to:

$$Q = (S/t) \cdot (\pi D^2/4) = 0.014288/t \quad (cm^3/s) \qquad (3)$$

where S = 0.02 cm represents the path length of the flow, t the measured outflow time (s), and D = 0.954 cm the capillary diameter.

Knowing Q, the average rate of shear can be deduced via the expression given below, with the resulting numerical values arranged in Tables 3 and 4:

$$\dot{\gamma} = Q / (\pi R^3) = Q / 0.0003925 \quad (s^{-1}) \qquad (4)$$

Table 3.

Logarithmic shear rate values, lg($\dot{\gamma}$) (s^{-1}), for the binary melts at 110 °C

lg τ (Pa)	Sample I	Sample II	Sample III	Sample IV	Sample V	Sample VI
3.70	–	–	-1.3000	-1.4000	-1.5000	-1.6000
3.95	-0.5500	-0.6500	-0.7500	-0.8500	-0.9500	-1.0500
4.05	-0.3000	-0.4000	-0.5000	-0.6000	-0.7000	-0.8000
4.15	0.0600	-0.0400	-0.1400	-0.2400	-0.3400	-0.4400

Table 4.

Logarithmic shear rate values, lg($\dot{\gamma}$) (s^{-1}), for the binary melts at 153 °C

lg τ (Pa)	Sample I	Sample II	Sample III	Sample IV	Sample V	Sample VI
3.70	-0.2000	-0.3000	-0.4000	-0.5000	-0.6000	-0.7000
3.95	0.3500	0.2500	0.1500	0.0500	-0.0500	-0.1500
4.05	0.6000	0.5000	0.4000	0.3000	0.2000	0.1000
4.15	0.8500	0.7500	0.6500	0.5500	0.4500	0.3500

Drawing on the apparent shear rate together with the slopes (n indices) extracted from the shear-stress / shear-rate plots, the true shear rate has then been obtained from the relation:

$$\bar{\gamma} = \dot{\gamma} \cdot (3 + n) \quad (s^{-1}) \qquad (5)$$

On this basis, the effective viscosity has been calculated and is reported, in logarithmic form, in Table 5 and Table 6:

$$\eta_eff = \tau / \bar{\gamma} \quad (Pa \cdot s) \qquad (6)$$

Table 5.

Effective viscosity in logarithmic form, lg(η_eff) (Pa·s), recorded at 110 °C

lg τ (Pa)	Sample I	Sample II	Sample III	Sample IV	Sample V	Sample VI
3.70	–	–	5.0000	5.1000	5.2000	5.3000
3.95	4.5000	4.6000	4.7000	4.8000	4.9000	5.0000
4.05	4.3500	4.4500	4.5500	4.6500	4.7500	4.8500
4.15	4.0900	4.1900	4.2900	4.3900	4.4900	4.5900

Table 6.
Effective viscosity in logarithmic form, lg(η_eff) (Pa·s), recorded at 153 °C

lg τ (Pa)	Sample I	Sample II	Sample III	Sample IV	Sample V	Sample VI
3.70	3.9000	4.0000	4.1000	4.2000	4.3000	4.4000
3.95	3.6000	3.7000	3.8000	3.9000	4.0000	4.1000
4.05	3.4500	3.5500	3.6500	3.7500	3.8500	3.9500
4.15	3.3000	3.4000	3.5000	3.6000	3.7000	3.8000

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Variation of the shear rate with applied stress

An inspection of the shear-rate / shear-stress plots presented in Figure 1 reveals that, at either temperature investigated, raising the applied stress is accompanied by a corresponding rise in the rate of deformation. The temperature factor is also pronounced: at a fixed level of stress, the shift from 110 °C to 153 °C produces a noticeable acceleration of the flow. By contrast, enlarging the proportion of mineral filler — at the same stress level — has the opposite effect and brings the shear rate down.

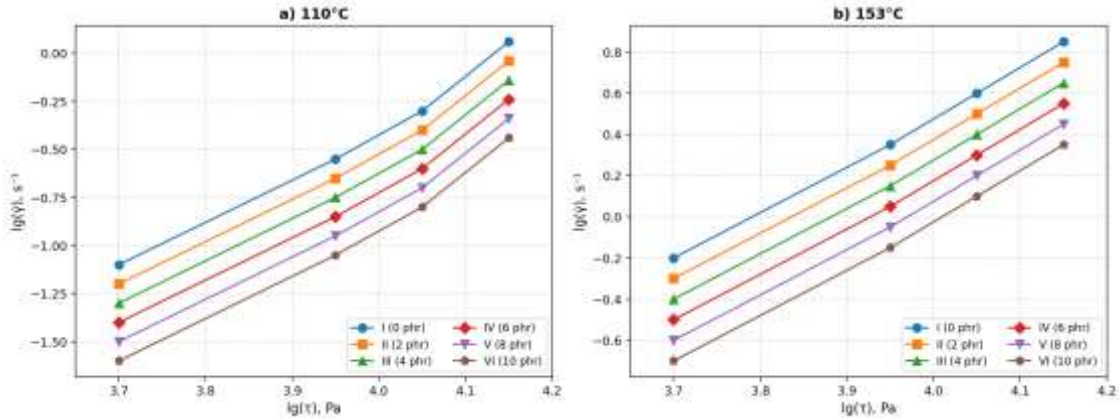


Figure 1. Shear rate plotted against shear stress for the BSR/sludge binary compositions

The form of the flow curves shown in Figure 1 is consistent with pseudoplastic behaviour for every composition examined. Increasing the filler loading is reflected in a downward translation of the curves, while an upward shift in temperature is associated with higher rates of flow.

3.2. Behaviour of the effective viscosity under varying stress

Across the temperature range considered, the effective viscosity falls in a steady, monotonic fashion as the shear stress is increased — a fingerprint of pseudoplastic flow that is clearly visible in Figure 2. Higher temperature has a pronounced thinning effect on the melts. A telling illustration is provided by samples I and II: at 110 °C their

viscosity is so high that no flow can be detected under the lightest weight, whereas at 153 °C every one of the six formulations does flow under that very same load. The data also make it clear that, at any given temperature, larger sludge loadings are accompanied by higher viscosities.

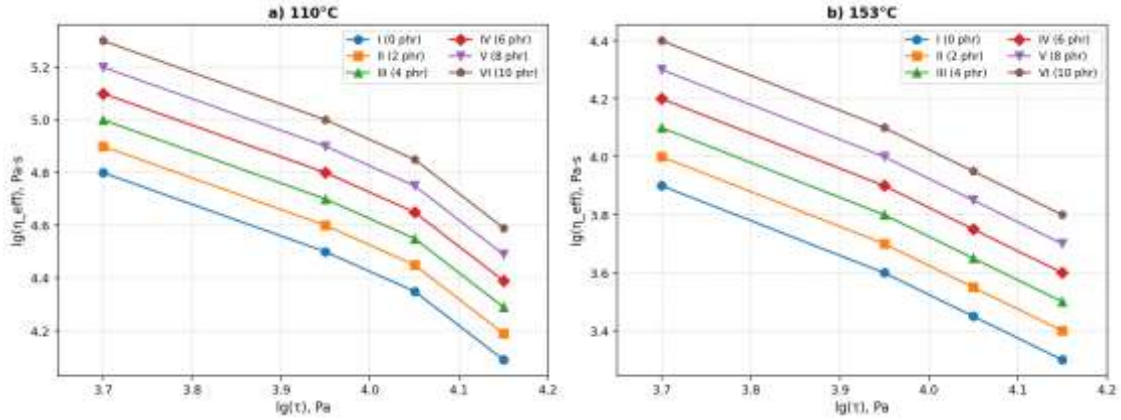


Figure 2. Effective-viscosity response to shear stress in the BSR/sludge binary compositions

The trend captured by the curves of Figure 2 may be rationalised at the molecular level. Under elevated stress, the long BSR chains have a tendency to align themselves with the direction of flow, which in turn diminishes the level of internal friction within the melt. Higher sludge contents, however, work in the opposite direction: by introducing additional mineral particles into the matrix, they create extra centres of internal friction, and the effective viscosity is therefore pushed upwards.

4. CONCLUSION

Six BSR/sludge composites — produced by mechanical compounding of SKS-30ARKM-15 grade rubber with mineral sludge on a laboratory rubber-mixing roller — have been subjected to rheological testing on the IIRT-5 capillary viscometer at 110 °C and 153 °C. The principal findings can be summarised in the following points:

1. Every formulation examined departs from Newtonian behaviour: the effective viscosity diminishes in a monotonic manner as the applied shear stress is intensified, a hallmark of pseudoplastic flow.

2. Raising the test temperature simultaneously accelerates the deformation rate and produces a steep drop in viscosity. The transition from 110 °C to 153 °C is, in particular, accompanied by a viscosity reduction of roughly an eight-fold magnitude.

3. Greater amounts of mineral sludge in the formulation (varying here from 0 up to 10 parts by mass) bring the shear rate down at any chosen stress level and, in parallel, push the effective viscosity to higher values.

4. Employing mineral sludge — a residue of industrial origin — in the role of a filler offers a route by which the rheological response of BSR can be controlled without recourse to additional, costly chemical agents; from both an environmental and an economic standpoint, this constitutes a clear advantage.

References

1. Fariz A. Amirli, Ibrahim H. Movlayev, Aynur F. Mammadova. Study of the rheology of the ternary ethylene-propylene rubber with modified phenol-formaldehyde oligomers and the properties of filled composite materials based on them // PPOR, Special issue, 2025, pp. 166–178; pp. 123–134.

2. Ibrahim H. Movlayev. Compositions based on epoxidian oligomer modified with low molecular // PPOR, Vol. 26, No. 3, 2025, pp. 688–696.

3. Bieliński, D., Włoch, M., Makaruk, A. Modification of styrene-butadiene rubber with polymethylsiloxanes // Polimery. – 2016. – Vol. 61, No. 3. – P. 192–198.

4. Burgaz, E. Carbon black reinforced natural rubber/butadiene rubber and styrene–butadiene rubber composites. – 2019.

5. Hassan, A. A., & Ismail, H. Mechanochemical modification of SBR using epoxidized oligomers: Structural and performance evaluation // Polymer Engineering & Science. – 2021. – Vol. 61, No. 7. – P. 1915–1926.

6. Fariz A. Amirli, Ibrahim H. Movlayev. Compositions based on butadiene-nitrile rubber modified with oligomers with functional groups // PPOR, Special issue, 2025, pp. 249–258.

7. Salman, A. A. Improvement the mechanical properties of styrene butadiene rubber by using silica fume // European Journal of Engineering Research and Science. – 2017. – Vol. 2, No. 12.

8. I. Movlayev, T. Aghayeva, F. Amirli, R. Bayramov. Epoxy–NBR composites for critical infrastructure: material innovations for risk reduction and resilience // RT&A, Special Issue No. 9 (87), Volume 20, November 2025.

DEVELOPMENT AND STUDY OF BUTADIENE-STYRENE RUBBER COMPOSITIONS MODIFIED MECHANO-CHEMICALLY USING POLYETHYLENE WASTE

Movlayev Ibrahim Hümbat
Azerbaijan State Oil and Industry University, associate professor

Huseynova Laman Etibar
Azerbaijan State Oil and Industry University, master

Rahimova Shukurova Firangiz Refail
Azerbaijan State Oil and Industry University, teacher
Department of Technology of Organic Substances and High-Molecular Compounds, Azerbaijan State Oil and Industry University

Abstract
"In this study, butadiene-styrene rubber (SBR) was plasticized with polyethylene waste in various ratios (0, 2, 4, 6, 8, and 10 parts by weight) using a laboratory roll mill at a temperature of 40-60°C for 3-5 minutes. The rheological properties of the resulting binary blends were investigated using an IIRT-5 capillary viscometer at temperatures of 110°C, 135°C, 153°C, and 175°C under stresses generated by various loads. The flow time of the polymer melts through a capillary with a 1 mm diameter over a distance of S=0.02 cm was determined, and the volumetric flow rate and shear rate were calculated. All samples exhibited non-Newtonian (pseudoplastic) behavior."

Keywords: SKS-30 ARKM-15, polyethylene waste, mechano-chemical modification, polymer compositions, binary mixtures, flow properties, shear rate, shear stress

INTRODUCTION

The rapid growth of polymer waste, driven by the extensive use of synthetic materials, presents serious ecological concerns. Thermoplastics like polyethylene are particularly problematic due to their long-term environmental persistence. Therefore, the recycling and valorization of these wastes into functional materials is a key priority in contemporary materials science.

Among elastomeric materials, butadiene-styrene rubber (SBR) is widely utilized due to its high elasticity, wear resistance, and excellent processability. However, the application of various fillers and modifiers is common practice to enhance its properties and reduce production costs. In this regard, the integration of polyethylene waste into

the SBR matrix is considered expedient from both environmental and economic perspectives.

In recent years, the mechano-chemical modification method has attracted attention as an effective approach for the preparation of polymer compositions. By enhancing the interaction between components, this method increases interfacial adhesion, thereby facilitating the formation of a more homogeneous structure. Such compositions are typically characterized by improved physico-mechanical and operational properties.

The primary objective of this study is the preparation of compositions based on SKS-30ARKM-15 butadiene-styrene rubber, mechano-chemically modified with polyethylene waste, and the investigation of their structural-mechanical properties, including their behavior under various temperature conditions.

MATERIALS AND METHODS

To conduct the research, compositions based on butadiene-styrene rubber (SBR) and polyethylene (PE) waste were prepared in various ratios. Initially, the SBR was plasticized on a laboratory roll mill at a temperature of 40-60°C for 3-5 minutes, after which the PE waste was added to prepare the binary blend. The proportions of the binary blends are specified in Table 1.

Table 1.

Mass ratio of polyethylene waste to butadiene-styrene rubber.

No	Mixture code / Components	1	2	3	4	5	6
1.	SKS-30 ARKM-15	100	100	100	100	100	100
2.	PE waste		2,0	4,0	6,0	8,0	10,0

The rheological properties of the resulting binary blends were studied using an IIRT-5 capillary viscometer at four temperatures (110, 135, 153, and 175°C) under stress generated by various loads (G_1=11.75 kg; G_2=20.85 kg; G_3=26.1 kg; G_4=32.6 kg). The flow times required for the binary blends to travel a distance of $S=0.02$ mm through a capillary with a radius of 0.05 mm under the influence of each load at 110°C and 153°C are presented in Table 2:

Table 2.

Flow time (s) of PE waste/SBR binary blend melts as a function of temperature and applied load

No	110°C				153°C			
	11,75 kq	20,85 kq	26,1 kq	32,6 kq	11,75 kq	20,85 kq	26,1 kq	32,6 kq
1	469,81	106,25	76,42	43,67	268,17	68,17	32,57	18,15
2	472,19	109,65	80,18	44,12	267,80	65,25	31,19	17,20
3	497,15	117,20	85,58	46,85	258,65	62,75	30,75	16,92
4	539,10	132,50	90,63	55,47	256,16	60,18	29,60	15,42
5	558,25	179,80	102,22	66,65	253,14	57,19	28,27	13,82
6	568,67	190,25	116,18	77,82	243,75	55,18	26,85	12,42

The following formula is used to calculate the pressure exerted by the applied loads on the surface of the samples:

$$P = \frac{G}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{G}{0{,}7144}\,\frac{kq}{sm^2} \quad (1)$$

In the formula: G – load (kg), d – capillary diameter (0,954 sm)

Pressure values for the respective loads: P_1=16,45; P_2=29,19; P_3=36,53; P_4=45,63 kg/cm^2-dir.

Considering the pressures stated above, the shear stress produced by each load is detemined as follows:

$$T = \frac{P \cdot r \cdot 9{,}806 \cdot 10^2}{2l} = \frac{P \cdot 0{,}05}{1{,}6}\ \text{Pa} \quad (2)$$

here: r – capillary radius(0,05 cm), l – capillary height (1,6 cm).

Lg T values: 3,70; 3,95; 4,05; 4,15.

Based on the data provided above, the volumetric flow rate of the binary system melts is calculated as follows:

$$Q = \frac{S}{t} \bullet \frac{\pi d^2}{4} = \frac{0{,}014288}{t}\,\frac{cm^3}{s} \quad (3)$$

here: S - flow distance of the melts (0,02 cm), t – flow duration

Average value of the shear rate:

$$\dot{\gamma} = \frac{Q}{\pi r^3} = \frac{Q}{0{,}0003925} \quad (4)$$

True shear rate of the melts:

$$\dot{\gamma}' = (n+3) \cdot \dot{\gamma} \quad (5)$$

RESULTS AND DISCUSSIONS

The calculated volumetric flow rates are presented in Table 3:

Table 3.

Volumetric flow rates (Q) of the binary blends under various loads and flow times at 110°C and 153°C

No	110°C				153°C			
	11,75 kg	20,85 kg	26,1 kg	32,6 kg	11,75 kg	20,85 kg	26,1 kg	32,6 k
1	0,000030 4	0,000134	0,000187	0,000327	0,000053 2	0,000209	0,000439	0,000787
2	0,000030 2	0,000130	0,000178	0,000324	0,000054 8	0,000259	0,000507	0,000928
3	0,000028 7	0,000122	0,000167	0,000305	0,000057 5	0,000282	0,000555	0,001106
4	0,000026 5	0,000108	0,000158	0,000258	0,000058 8	0,000309	0,000605	0,001198
5	0,000025 5	0,000079	0,000139	0,000214	0,000059 9	0,000347	0,000642	0,001318
6	0,000025 1	0,000075	0,000123	0,000184	0,000061 1	0,000384	0,000702	0,001425

Figure 1 shows the shear stress as a function of the shear rate, determined from the average shear rate values.

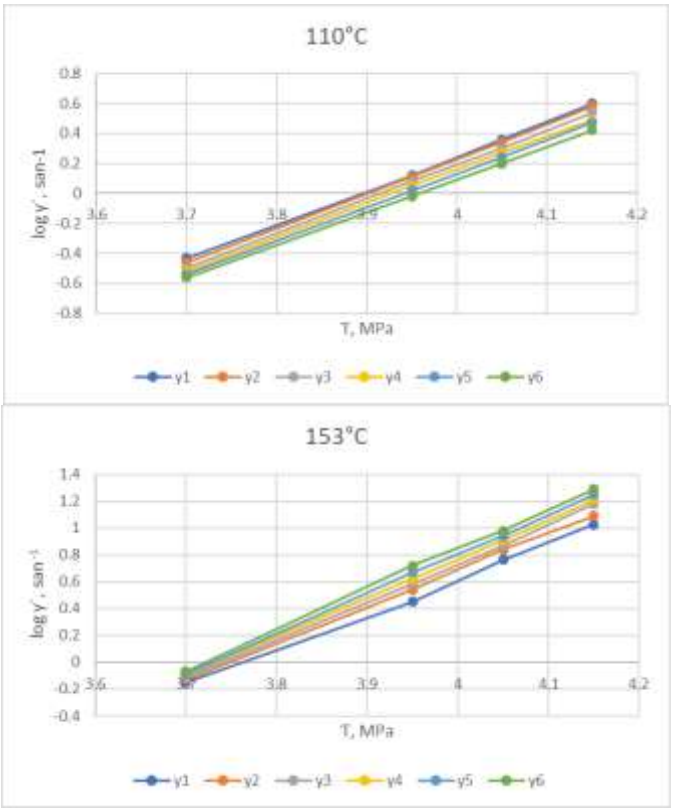


Figure 1. Dependence of shear rate on shear stress

CONCLUSION

Rheological tests of six different compositions, prepared via mechanochemical modification of SBR rubber with PE waste on a laboratory roll mill, were conducted using an IIRT-5 capillary viscometer at 110 and 153°C, yielding the following results:

1. Measurements conducted at 110°C and 153°C indicate that an increase in load (11.75–32.6 kg) leads to a rise in volumetric flow rates and, consequently, shear rates for all compositions. This confirms that the material exhibits pseudoplastic flow behavior.

2. Increasing the temperature from 110°C to 153°C causes a significant increase in the volumetric flow rate of the binary blend melts in all cases. This indicates a decrease in the viscosity of the composition and an improvement in its processability.

3. Measurements performed at various time intervals show a certain decrease in volumetric flow rates under constant load and temperature conditions, which can be attributed to structural formation or an increase in internal resistance within the system.

4. The plots of shear rate versus shear stress show an upward trend, and this increase becomes more intensive as the temperature rises.

5. The obtained results demonstrate that compositions prepared based on polyethylene waste possess good rheological properties, providing favorable characteristics for their technological processing. This creates opportunities for their application in the rubber industry.

Literature

1. Fariz A. Amirli, Ibrahim H. Movlayev, Aynur F. Mammadova, STUDY OF THE RHEOLOGY OF THE TERNARY ETHYLENE-PROPYLENE RUBBER WITH MODIFIED PHENOL-FORMALDEHYDE OLIGOMERS AND THE PROPERTIES OF FILLED COMPOSITE MATERIALS BASED ON THEM. PPOR, No. 1 (2025): Special issue, pp. 123-134. Selected Proceedings of “MacroFrontiers 2025: 3rd InternationalConference on Macromolecular Compounds” https://doi.org/10.62972/1726-4685.si2025.1.123

2. Fariz A. Amirli, Ibrahim H. Movlayev, Aynur F. Mammadova STUDY OF THE RHEOLOGY PROPERTIES OF THE MIXTURE OF TERMINAL ETHYLENE-PROPYLENE RUBBER WITH BENZYNAMINE-MODIFIED PHENOL-FORMALDEHYDE OLIGOMER PPOR,Vol. 26, No. 1, 2025, pp.229-239 https://doi.org/10.62972/1726-4685.2025.1.229

3. I.Movlayev, T.Aghayev, F. Amirli, R.Bayramov EPOXY–NBR COMPOSITES FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE: MATERIAL INNOVATIONS FOR RISK REDUCTION AND RESILIENCE. EPOXY–NBR COMPOSITES FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE: MATERIAL INNOVATIONS FOR RISK REDUCTIONRT&A, Special Issue No. 9 (87), Volume 20, November 2025, pp.908-915. https://gnedenko.net/Journal /2025/ Sİ 092025/ RTA_Sİ092025_RİSK 2025-108.pdf

4. Fariz A.Amirli, Ibrahim H.Movlayev. COMPOSITIONS BASED ON BUTADIENE-NITRILE RUBBER MODIFIED WITH OLIGOMERS WITH FUNCTIONAL GROUPS. PPOR, Vol. 26, No. 1, 2025, pp.249-258. https://doi.org/10.62972/1726-4685.si2025.1.249

5. Ibrahim H. Movlayev. COMPOSITIONS BASED ON EPOXIDIAN OLIGOMER MODIFIED WITH LOW MOLECULAR BUTADIENE-NITRILE RUBBER. PPOR,Vol. 26, No. 3, 2025, pp.688-69 https://doi.org/10.62972/1726-4685.2025.3.688

6. Fariz Amirli, Rana Khankishiyeva, Ibrahim Movlayev, Aynur Mammadova. PHYSICS AND CHEMISTRY OF SOLID STATEV.26, No.3(2025) pp.549-555 DOI: 10.15330/pcss.26.3.549-555.

7. F. A. Amirov, G. A. Aliyeva, F. R. Rahimova & G. F. Rustamova. Fuzzy C-Means Based Synthesis of Ion-Exchange Materials. pp 487–495. 11th World Conference “Intelligent System for Industrial Automation” (WCIS-2020). DOI 10.1007/978-3-030-68004-6_64

PREPARATION AND INVESTIGATION OF COMPOSITIONS BASED ON BUTADIENE–STYRENE RUBBER USING WOOD RESIN

Shixaliyev Kerem Seyfi
Azerbaijan State Oil and Industry University, professor

Huseynova Maryam Etibar
Azerbaijan State Oil and Industry University, master

İravanlı Konul Babək
Azerbaijan State Oil and Industry University, teacher

Abstract

In this study, butadiene–styrene rubber (BSR) was mechanically modified with wood resin at different weight ratios (0, 2, 4, 6, 8 and 10 parts by mass) using an open-type mixer at a temperature range of 40–60°C for 5–6 minutes. The rheological properties of the prepared binary polymer blends were investigated using an IIRT-5 capillary viscometer at 105, 135, 156 and 176°C under stress conditions generated by the application of different loads. The flow time of polymer melts through a capillary with a diameter of 1 mm at a distance of S = 0.02 cm was determined, and the volumetric flow rate and shear rate were calculated. All prepared binary blend samples exhibited non-Newtonian (pseudoplastic) behavior.

Keywords: butadiene–styrene rubber, wood resin, mechanical modification process, binary blend, flow characteristics, shear rate.

Introduction

One of the main challenges facing modern polymer materials science is the efficient utilization of industrial waste to obtain valuable composite materials. In this regard, the modification of widely used butadiene–styrene rubber (BSR) with various fillers is of particular importance. The use of secondary polymer raw materials such as wood resin contributes both to solving environmental problems and to regulating the properties of materials.

The dissertation focuses on the preparation of wood resin-filled compositions based on butadiene–styrene rubber and the study of their rheological, physico-mechanical, and deformation properties. The main objective of the research is to reveal the mechanism of the filler's effect on the polymer matrix at different ratios, determine the optimal composition, and establish processing conditions for the material.

In the study, binary blends were obtained under laboratory conditions using a mechanical modification method, and their flow characteristics under different temperatures and stresses were analyzed using a capillary viscometer. The obtained results provide information about the effect of recycled polyethylene on the processing and performance properties of BSR, as well as expand the possibilities for practical application of such composites.

Materials and Methods

To carry out the research, composites based on butadiene–styrene rubber (BSR) and wood resin were prepared at different ratios. First, BSR was plasticized in an open-type mixer at a temperature range of 40–60°C for 5–6 minutes, after which wood resin was added and a binary blend was obtained. The composition ratios of the binary blends are presented in Table 1.

Table 1.

Composition of butadiene–styrene rubber with wood resin

No	Compound code / Components	1	2	3	4
1.	SKS-30ARKM-15	100	100	100	100
2.	Wood resin		2,0	4,0	8,0

The rheological properties of the obtained binary blends were studied using an IIRT-5 capillary viscometer at four different temperatures (105, 135, 156, 176°C) under stresses created by loads (G1 = 11.75; G2 = 20.85; G3 = 26.1; G4 = 32.6 kg). The time required for flow through capillaries with a radius of 0.05 mm at a distance of S = 0.02 mm under the effect of loads at 105°C and 135°C was determined, and the results are presented in Table 2.

Table 2.

Flow time (s) of melts of wood resin and BSR-based binary blends under different temperatures and loads

No	105°C				135°C			
	11,75 kq	20,85 kq	26,1 kq	32,6 kq	11,75 kq	20,85 kq	26,1 kq	32,6 kq
1	292.18	107.25	48.51	34.60	138.25	38.62	19.18	14.07
2	202.79	43.26	28.1	15.07	63.26	15.43	8.62	5.62
3	207.83	43.12	27.80	17.32	89.28	20.29	12.56	6.64
4	169.48	35.36	21.96	11.82	69.08	16.05	9.72	4.77

To calculate the pressure created by the loads on the melt:

$$P = \frac{G}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{G}{0{,}7144} \frac{kq}{sm^2}$$

Where G – load (kg), d – 0.954 cm – capillary diameter.
The calculated pressures are P_1=16,45; P_2=29,19; P_3=36,53; P_4=45,63 kq/sm^2

Taking the above pressures into account, the shear stress generated by each load is calculated as follows:

$$T = \frac{P \cdot r \cdot 9{,}806 \cdot 10^2}{2l} = \frac{P \cdot 0{,}05}{1{,}6} \text{ Pa}$$

Where r=0.05cm – capillary radius,l=1.6 cm – capillary height. Log τ values: 3.70 ;3.95 ;4.05 ;4,15.
Volumetric flow rate:

$$Q = \frac{S}{t} \bullet \frac{\pi d^2}{4} = \frac{0{,}014288}{t} \frac{sm^3}{san}$$

Average shear rate:

$$\dot{\gamma} = \frac{Q}{\pi r^3} = \frac{Q}{0{,}0003925}$$

Shear rate:

$$\dot{\gamma} = (n+3) \cdot \dot{\gamma}$$

Results and Discussion

The calculated volumetric flow rates are presented in Table 3.

Table 3.

Volumetric flow rates of binary blends at 105°C and 135°C under different loads and times

No	105°C				135°C			
	11,75 kq	20,85 kq	26,1 kq	32,6 kq	11,75 kq	20,85 kq	26,1 kq	32,6 kq
1	0,000048	0,000133	0,000293	0,000429	0,000103	0,000369	0,000744	0,001015
2	0,000070	0,000330	0,000508	0,000948	0,000225	0,000925	0,001657	0,002542
3	0,000068	0,000331	0,000513	0,000824	0,000160	0,000704	0,001137	0,002151
4	0,000084	0,000404	0,000650	0,001208	0,000206	0,000890	0,001469	0,002995

Based on the calculated average shear rates, the dependence graph of shear rate on shear stress is presented in Figure 1.

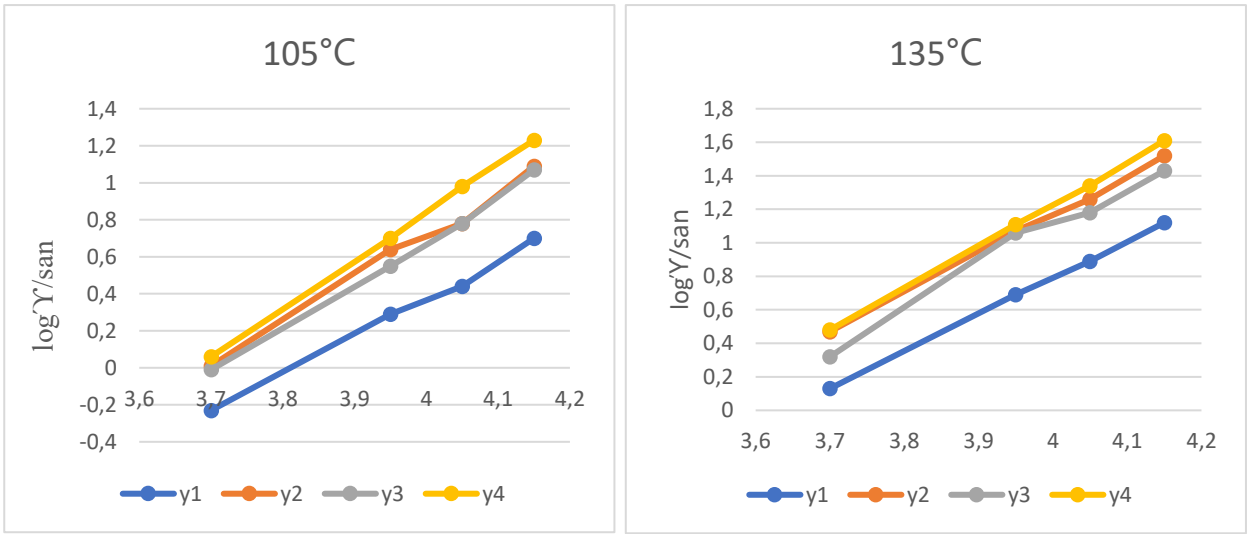


Figure 1. Dependence graph of shear rate on shear stress

Conclusion

The rheological properties of compositions modified with wood resin based on butadiene–styrene rubber were studied at 105°C and 135°C, and the following results were obtained:

1. At both temperatures (105°C and 135°C), the dependence graphs of shear rate (log ϒ) on shear stress (log τ) show an increasing trend for all binary blends. This confirms that the binary blends exhibit non-Newtonian, pseudoplastic flow behavior.

2. The results obtained at 105°C indicate that, for all binary blends, the shear rate increases regularly with increasing stress. This increase is more clearly observed in the high-stress region.

3. Increasing the temperature from 105°C to 135°C leads to a significant increase in the shear rate for all compositions. At the same stress values, the log ϒ values at 135°C are higher, indicating a decrease in viscosity and an increase in molecular mobility of the binary blend.

4. A comparison of the various compositions shows that rheological differences exist between them. In particular, at certain amounts (indicated as and in the graph), the shear rate was higher, which indicates that internal friction is relatively lower and flowability is improved in these specific compositions.

5. The binary blend with lower indicators (e.g., high content of filler) is characterized by higher internal resistance and viscosity, which can be associated with the formation of denser interphase interactions in the structure of the composition.

6. Overall, as a result of increasing temperature and proper selection of the composition, the rheological properties of compositions based on butadiene-styrene rubber modified with wood tar improve, and favorable conditions for their technological processing are formed.

Literature

1. Fariz A. Amirli, Ibrahim H. Movlayev, Aynur F. Mammadova, STUDY OF THE RHEOLOGY OF THE TERNARY ETHYLENE-PROPYLENE RUBBER WITH

MODIFIED PHENOL-FORMALDEHYDE OLIGOMERS AND THE PROPERTIES OF FILLED COMPOSITE MATERIALS BASED ON THEM. PPOR, No. 1 (2025): Special issue, pp. 123-134. Selected Proceedings of “MacroFrontiers 2025: 3rd InternationalConference on Macromolecular Compounds” https://doi.org/10.62972/1726-4685.si2025.1.123

2. Fariz A. Amirli, Ibrahim H. Movlayev, Aynur F. Mammadova STUDY OF THE RHEOLOGY PROPERTIES OF THE MIXTURE OF TERMINAL ETHYLENE-PROPYLENE RUBBER WITH BENZYNAMINE-MODIFIED PHENOL-FORMALDEHYDE OLIGOMER PPOR,Vol. 26, No. 1, 2025, pp.229-239 https://doi.org/10.62972/1726-4685.2025.1.229

3. I.Movlayev, T.Aghayev, F. Amirli, R.Bayramov EPOXY–NBR COMPOSITES FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE: MATERIAL INNOVATIONS FOR RISK REDUCTION AND RESILIENCE. EPOXY–NBR COMPOSITES FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE: MATERIAL INNOVATIONS FOR RISK REDUCTIONRT&A, Special Issue No. 9 (87), Volume 20, November 2025, pp.908-915. https://gnedenko.net/Journal /2025/ Sİ 092025/ RTA_Sİ092025_RİSK 2025-108.pdf

4. Fariz A.Amirli, Ibrahim H.Movlayev. COMPOSITIONS BASED ON BUTADIENE-NITRILE RUBBER MODIFIED WITH OLIGOMERS WITH FUNCTIONAL GROUPS. PPOR, Vol. 26, No. 1, 2025, pp.249-258. https://doi.org/10.62972/1726-4685.si2025.1.249

5. Ibrahim H. Movlayev. COMPOSITIONS BASED ON EPOXIDIAN OLIGOMER MODIFIED WITH LOW MOLECULAR BUTADIENE-NITRILE RUBBER. PPOR,Vol. 26, No. 3, 2025, pp.688-69 https://doi.org/10.62972/1726-4685.2025.3.688

6. Fariz Amirli, Rana Khankishiyeva, Ibrahim Movlayev, Aynur Mammadova. PHYSICS AND CHEMISTRY OF SOLID STATEV.26, No.3(2025) pp.549-555 DOI: 10.15330/pcss.26.3.549-555.

7. F. A. Amirov, G. A. Aliyeva, F. R. Rahimova & G. F. Rustamova. Fuzzy C-Means Based Synthesis of Ion-Exchange Materials. pp 487–495. 11th World Conference “Intelligent System for Industrial Automation” (WCIS-2020). DOI 10.1007/978-3-030-68004-6_64

STUDY OF RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF ETHYLENE–PROPYLENE–DIENE RUBBER (EPDM) MODIFIED WITH HAZELNUT SHELL POWDER

Tahirova Leyla
Aghayeva Tarana
Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan
Department of Technology of Organic Substances and High-Molecular Compounds

Abstract. In the present study, ethylene–propylene–diene rubber (EPDM) was mechanically blended with hazelnut shell powder at five different mass ratios (0, 2, 4, 6 and 8 mass parts) on a laboratory two-roll mill at 40–60°C for 5–10 minutes. The rheological behavior of the resulting binary blends was examined on an IIRT-5 capillary viscometer at temperatures of 115°C and 138°C under loads producing different shear stresses. The flow time of the polymer melts was measured as they passed a distance of S = 0.02 cm through a capillary of 1 mm diameter; volumetric flow rate, mean shear rate and effective viscosity were then calculated. All of the prepared samples exhibited non-Newtonian (pseudoplastic) flow behavior.

Keywords: *hazelnut shell powder, EPDM, biopolymer filler, rheology, capillary viscometry (IIRT-5), effective viscosity, flow curve.*

1. INTRODUCTION

The widespread industrial use of synthetic polymers — and of ethylene–propylene–diene rubber (EPDM) in particular — is closely linked to its high elasticity, chemical stability and reliable performance over a broad temperature range. To further enhance the properties of such polymers and to lower their production cost, the incorporation of various fillers has long been adopted as a common technological route.

Among the available options, biopolymer fillers obtained from agricultural by-products are of particular interest. When such fillers are added to a synthetic polymer matrix, they raise the rigidity of the resulting material, allow waste streams to be valorized in a useful way and reduce overall cost. The use of a naturally derived filler also makes it possible to alter the properties of the composite without resorting to additional chemical agents. Although EPDM itself is a petroleum-based synthetic polymer, choosing a biopolymer filler is favorable from an ecological standpoint.

Hazelnut shell powder is regarded as a promising biopolymer filler for this purpose. The shell — a by-product of the hazelnut industry, which is well established in the western regions of Azerbaijan — has a high content of cellulose and lignin. This composition promotes interaction between the hazelnut shell particles and the EPDM matrix.

In this work, the rheological characteristics of EPDM rubber composites modified with hazelnut shell powder were investigated at different temperatures by means of an IIRT-5 capillary viscometer.

2. MATERIALS AND METHODS

Ethylene–propylene–diene rubber (EPDM) was mechanically blended with hazelnut shell powder at various mass ratios on a laboratory two-roll mill at a temperature of 40–60°C for a period of 5–10 minutes. Five samples differing in composition were prepared in this manner (Table 1).

Table 1.
Component contents of the prepared samples expressed in mass parts

Components	Sample I	Sample II	Sample III	Sample IV	Sample V
EPDM	100	100	100	100	100
Hazelnut shell powder filler	0	2.0	4.0	6.0	8.0

The rheological characteristics of the resulting binary blends were investigated on an IIRT-5 capillary viscometer at two temperatures (115°C and 138°C) under shear stresses produced by four different loads (G_1 = 11.75; G_2 = 20.85; G_3 = 26.1; G_4 = 32.6 kg). Table 2 lists, for each sample, the time required for the melt to traverse a distance of S = 0.02 cm in a capillary of 1 mm diameter under each load at 115°C and 138°C.

Table 2.
Flow time (s) for melts of the EPDM / hazelnut shell powder binary blends through the capillary at 115°C and 138°C under various loads

Sample	115°C				138°C			
	11.75 kg	20.85 kg	26.1 kg	32.6 kg	11.75 kg	20.85 kg	26.1 kg	32.6 kg
Sample I	no flow	922.23	428.99	209.54	no flow	508.76	217.77	128.54
Sample II	no flow	367.45	213.45	128.95	808.58	198.51	152.13	80.76
Sample III	no flow	314.88	209.67	144.44	771.98	195.46	121.86	76.42
Sample IV	no flow	354.25	220.93	129.47	600.48	144.67	87.81	57.81
Sample V	no flow	313.18	194.91	119.44	531.22	165.84	102.98	65.76

The pressure exerted by the loads on the sample melts is calculated from the following relation:

$$P = G / (\pi D^2/4) = G / 0.7144 \quad (kg/cm^2) \qquad (1)$$

where G is the load (kg) and D is the capillary diameter (cm). In the formula above, D was taken as 0.954 cm.

The corresponding pressures are: $P_1 = 16.45$; $P_2 = 29.19$; $P_3 = 36.53$; $P_4 = 45.63$ kg/cm².

Based on the calculated pressures, the shear stress is obtained from:

$$\tau = (P \cdot r \cdot 9.806 \cdot 10^4) / (2l) \quad (Pa) \qquad (2)$$

where r = 0.05 cm is the capillary radius and l = 1.6 cm is the capillary length.

The shear stresses obtained and their logarithms are:

$$\tau_1 = 5.0401 \cdot 10^4 \text{ Pa} \quad \lg(\tau_1) = 3.70 \text{ Pa}$$
$$\tau_2 = 8.9431 \cdot 10^4 \text{ Pa} \quad \lg(\tau_2) = 3.95 \text{ Pa}$$
$$\tau_3 = 11.1941 \cdot 10^4 \text{ Pa} \quad \lg(\tau_3) = 4.05 \text{ Pa}$$
$$\tau_4 = 1.3984 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad \lg(\tau_4) = 4.145 \text{ Pa}$$

For each sample, at 115°C and 138°C and under each load, the volumetric flow rate was determined as follows:

$$Q = (S/t) \cdot (\pi D^2/4) = 0.014288 / t \quad (cm^3/s) \qquad (3)$$

where S = 0.02 cm is the flow distance, t is the flow time (s) and D = 0.954 cm is the capillary diameter.

On the basis of the calculated volumetric flow rate, the mean shear rate was obtained from the expression below and is presented in tabular form (Tables 3 and 4):

$$\dot{\gamma} = Q / (\pi R^3) = Q / 0.0003925 \quad (s^{-1}) \qquad (4)$$

Table 3.

Shear rate at 115°C, $\lg(\dot{\gamma})$ (s^{-1})

lg τ (Pa)	Sample I	Sample II	Sample III	Sample IV	Sample V
3.70	–	–	–	–	–
3.95	-1.4034	-1.0044	-0.937	-0.9076	-0.8607
4.05	-1.071	-0.7683	-0.7169	-0.6455	-0.5721
4.15	-0.7602	-0.5493	-0.4975	-0.437	-0.3654

Table 4.

Shear rate at 138°C, $\lg(\dot{\gamma})$ (s^{-1})

lg τ (Pa)	Sample I	Sample II	Sample III	Sample IV	Sample V
3.70	–	-1.3468	-1.3261	-1.2176	-0.5806
3.95	-1.0287	-0.7366	-0.73002	-0.5993	-0.5505
4.05	-0.7768	-0.6211	-0.5248	-0.3824	-0.4516
4.15	-0.5479	-0.346	-0.322	-0.2009	-0.2564

Based on the mean shear rate values and the slope (n) obtained from the plot of shear rate versus shear stress, the true shear rate was calculated as follows:

$$\bar{\gamma} = \dot{\gamma} \cdot (3 + n) \quad (s^{-1}) \qquad (5)$$

Using the true shear rate, the effective viscosity was determined; the results are summarized on a logarithmic scale in the tables below (Tables 5 and 6):

$$\eta_eff = \tau / \bar{\gamma} \quad (Pa \cdot s) \qquad (6)$$

Table 5.
Effective viscosity at 115°C, lg(η_eff) (Pa·s)

lg τ (Pa)	Sample I	Sample II	Sample III	Sample IV	Sample V
3.70	–	–	–	–	–
3.95	5.638907	5.256902	5.140362	5.110904	5.064088
4.05	5.404132	5.109749	5.020834	4.935811	4.896887
4.15	5.189018	4.9959	4.894842	4.813234	4.770663

Table 6.
Effective viscosity at 138°C, lg(η_eff) (Pa·s)

lg τ (Pa)	Sample I	Sample II	Sample III	Sample IV	Sample V
3.70	–	5.34195	5.39067	5.20397	5.15076
3.95	5.25929	5.01878	4.97397	4.89758	4.86567
4.05	5.10485	4.96254	4.85779	4.77819	4.7587
4.15	4.97335	4.78333	4.74338	4.69327	4.66307

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Dependence of shear rate on shear stress

As can be seen from the plots of shear rate against shear stress (Figure 1), the shear rate rises with increasing shear stress at both temperatures. A higher temperature, at one and the same stress, produces a marked increase in the shear rate. Increasing the proportion of filler likewise raises the shear rate at the same stress.

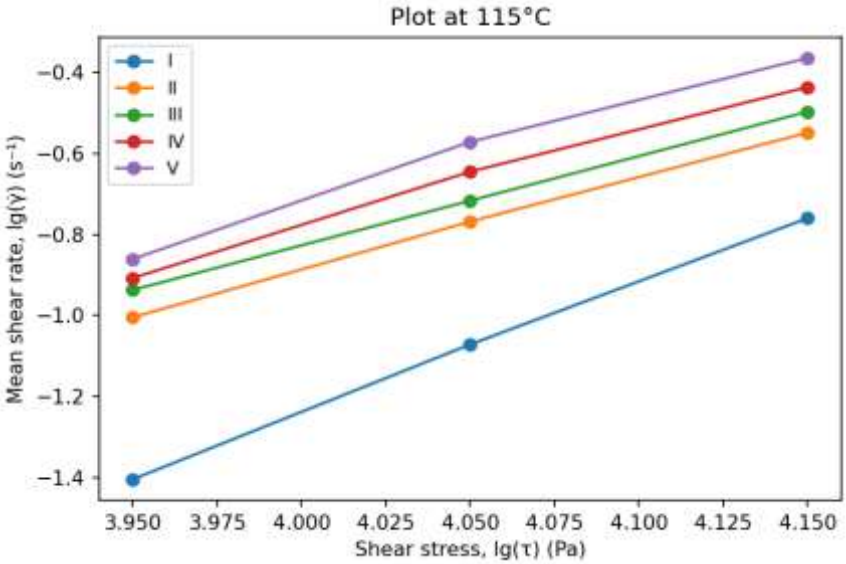


Figure 1a. Mean shear rate as a function of shear stress at 115°C

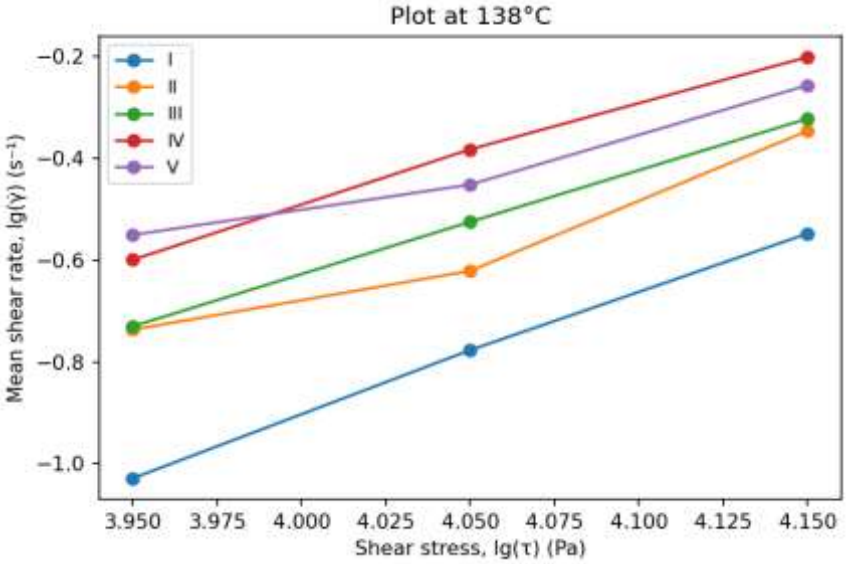


Figure 1b. Mean shear rate as a function of shear stress at 138°C

The flow curves shown in Figure 1 confirm that all of the samples display pseudoplastic behavior. As the filler loading is increased, the curves are shifted upward. Higher temperatures lead to higher shear rates.

3.2. Dependence of effective viscosity on shear stress

At every temperature studied, the effective viscosity decreases monotonically as the shear stress is raised, which is a characteristic feature of pseudoplastic flow (Figure 2). Raising the temperature reduces the viscosity considerably. For example, because the viscosity at 115°C is high, none of the samples flowed under the lowest load, whereas at 138°C four out of the five samples flowed under the same load — only sample I remained immobile. This also indicates that, at a given temperature, an increase in the filler content leads to a reduction in viscosity.

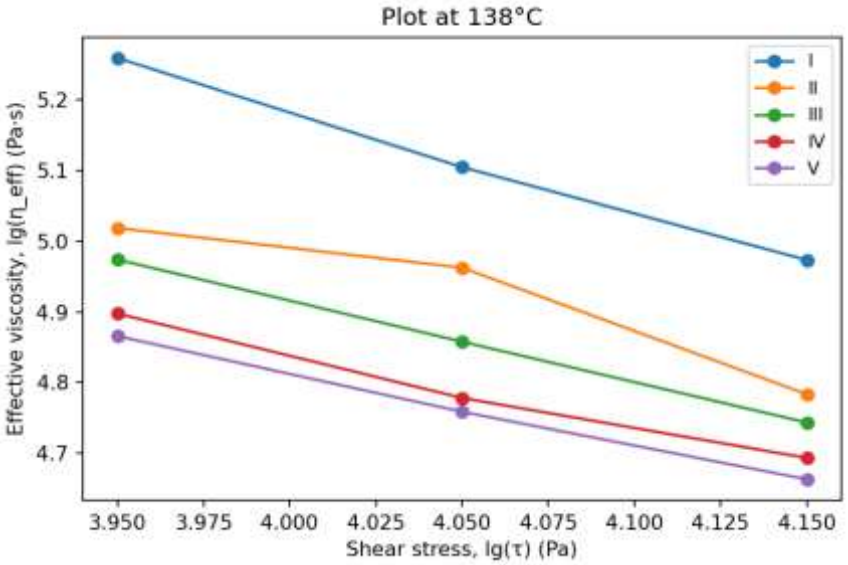


Figure 2a. Effective viscosity as a function of shear stress at 138°C

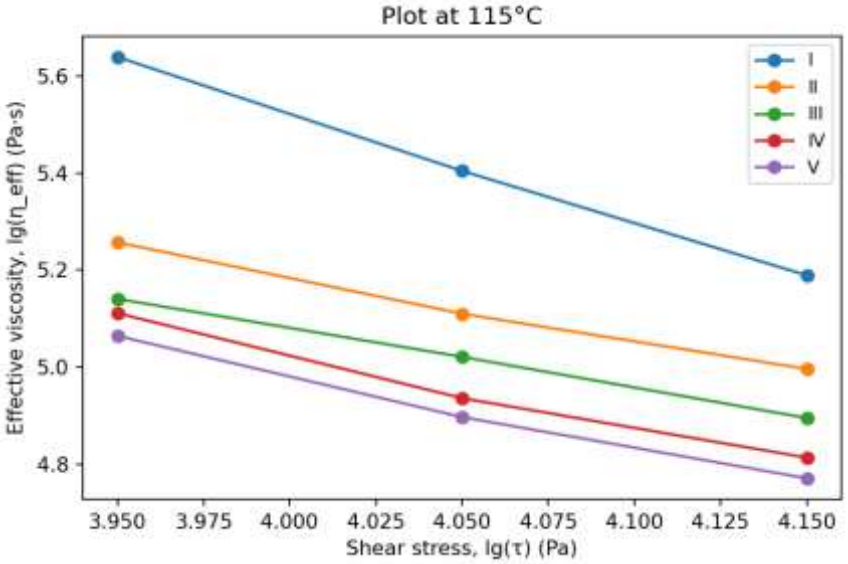


Figure 2b. Effective viscosity as a function of shear stress

The curves in Figure 2 indicate that under increasing shear stress the EPDM macromolecules and the hazelnut shell particles become aligned in the direction of flow, and internal friction is reduced. An increase in filler content amplifies this effect.

4. CONCLUSION

Five composites of different composition were prepared by mechanically blending EPDM rubber with hazelnut shell powder on a laboratory two-roll mill, and their rheological behavior was examined on an IIRT-5 capillary viscometer at 115°C and 138°C. The principal findings are as follows:

— All of the formulations exhibit pseudoplastic flow behavior — as shear stress increases, the effective viscosity falls monotonically.

— An increase in temperature raises the shear rate and produces a sharp drop in viscosity. Going from 115°C to 138°C lowers the viscosity by roughly a factor of two.

— Increasing the proportion of hazelnut shell powder (from 0 to 8 mass parts) raises the shear rate and reduces the viscosity at the same stress.

— Using a naturally derived filler makes it possible to modify the rheological behavior of EPDM without recourse to additional chemical reagents, which is advantageous from both an environmental and an economic point of view.

List of references

1. Amirli, F. A., & Movlayev, I. H. (2025). Compositions based on butadiene-nitrile rubber modified with oligomers with functional groups. PPOR, Special Issue, pp. 249–258. https://doi.org/10.62972/1726-4685.si2025.1.249

2. Movlayev, I. H. (2025). Compositions based on epoxidian oligomer modified with low molecular butadiene-nitrile rubber. PPOR, 26, No. 3, pp. 688–696. https://doi.org/10.62972/1726-4685.2025.3.688

3. Amirli, F. A., Movlayev, I. H., & Mammadova, A. F. (2025). Study of the rheology of the ternary ethylene-propylene rubber with modified phenol-formaldehyde oligomers and the properties of filled composite materials based on them. PPOR, Special Issue, pp. 166–178. https://doi.org/10.62972/1726-4685.si2025.1.123

4. Movlayev, I., Aghayeva, T., Amirli, F., & Bayramov, R. (2025). Epoxy–NBR composites for critical infrastructure: Material innovations for risk reduction and resilience. RT&A, Special Issue No. 9 (87), Vol. 20.

5. Mohanty, A. K., Misra, M., & Drzal, L. T. (2005). Natural fibers, biopolymers, and biocomposites. Taylor & Francis.

6. Avérous, L., & Pollet, E. (2012). Environmental silicate nanobiocomposites. Springer.

7. Balart, R., et al. (2016). Biopolymers from natural resources. Woodhead Publishing, pp. 1–18.

8. Pirayesh, H., et al. (2012). Walnut/hazelnut shell as raw material for wood-based panels. Composites Part B, 43(3), pp. 1236–1242.

9. Demirbas, A. (2002). Fuel characteristics of olive husk and walnut, hazelnut shells. Energy Sources, 24(3), pp. 215–221.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЛАНУВАННЯ КОНТЕНТУ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ TELEGRAM-БОТІВ

Дам-Васильєва Чанг Анжеліка,
студентка 4 курсу групи ІТІНФ-22-3,
Харківський національний університет радіоелектроніки, факультет інформаційно-аналітичних технологій та менеджменту, спеціальність 122 Комп'ютерні науки

У сучасних умовах цифровізації маркетингової діяльності особливого значення набуває ефективне управління контентом у соціальних мережах. Соціальні платформи виступають ключовим каналом комунікації між брендом і цільовою аудиторією, що зумовлює необхідність системного підходу до створення та публікації контенту [1].

Одним із головних інструментів організації SMM-діяльності є контент-план, який дозволяє структурувати публікації, забезпечити їх регулярність та відповідність стратегічним цілям [2]. Проте на практиці процес формування та реалізації контент-плану супроводжується значними часовими витратами, необхідністю виконання рутинних операцій та ризиком виникнення помилок.

У зв’язку з цим актуальним напрямом є автоматизація процесів планування контенту. Використання програмних засобів дозволяє оптимізувати робочі процеси, підвищити продуктивність діяльності та забезпечити своєчасність публікацій [3]. Особливий інтерес становлять рішення, які поєднують функціональність і простоту використання.

Одним із перспективних інструментів автоматизації є використання чат-ботів у месенджерах. Зокрема, платформа Telegram надає широкі можливості для створення ботів, які можуть виконувати функції збереження контент-плану, організації нагадувань та взаємодії з користувачем [4].

Telegram-боти мають ряд переваг порівняно з традиційними системами управління соціальними мережами. Вони не потребують встановлення додаткового програмного забезпечення, мають простий інтерфейс та забезпечують швидкий доступ до функцій через мобільні пристрої. Крім того, такі рішення можуть бути адаптовані під індивідуальні потреби користувача.

У межах дослідження розглянуто підхід до автоматизації планування контенту за допомогою Telegram-бота, який реалізує функції створення, збереження та редагування записів контент-плану, а також організації системи нагадувань. Реалізація подібних систем здійснюється із використанням сучасних мов програмування, зокрема Python, який забезпечує ефективну обробку даних і підтримує асинхронні механізми роботи [5], а також легких систем збереження даних, таких як SQLite [6].

Таким чином, використання Telegram-ботів для автоматизації SMM-процесів є ефективним та перспективним напрямом, який сприяє підвищенню якості управління контентом та оптимізації цифрової маркетингової діяльності.

Список літератури

1. Chaffey D., Ellis-Chadwick F. *Digital Marketing: Strategy, Implementation and Practice*. – Pearson, 2019.
2. Kotler P., Keller K. *Marketing Management*. – Pearson, 2019.
3. Tuten T. L., Solomon M. R. *Social Media Marketing*. – Sage, 2020.
4. Telegram. Telegram Bot API. – Режим доступу: https://core.telegram.org/bots/api
5. Python Software Foundation. Python Documentation. – Режим доступу: https://docs.python.org/3/
6. SQLite. Documentation. – Режим доступу: https://www.sqlite.org/docs.html

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СТЕГАНОГРАФІЧНИХ СИСТЕМ

Журавель Юрій
аспірант 2 року навчання, кафедра безпеки інформаційних технологій,
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Онишко Володимир
аспірант 2 року навчання, кафедра безпеки інформаційних технологій,
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Сколоздра Мирослава
доцент кафедри безпеки інформаційних технологій,
Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Розглянуто вплив методів цифрової обробки зображень на ефективність функціонування стеганографічних систем приховування інформації. Проаналізовано можливості підвищення непомітності, інформаційної ємності та стійкості стеганографічного вбудовування шляхом попереднього аналізу структурних характеристик контейнерного зображення. Обґрунтовано доцільність використання частотних перетворень, адаптивної фільтрації та інтелектуального вибору областей вбудовування [1]. Показано, що інтеграція методів обробки зображень у структуру стеганосистеми дозволяє підвищити ефективність прихованої передачі даних.

Постановка проблеми. Сучасні інформаційні системи потребують ефективних механізмів забезпечення конфіденційності передачі даних. На відміну від криптографії, стеганографія спрямована на приховування самого факту передачі інформації. Ефективність стеганографічної системи визначається трьома взаємопов’язаними характеристиками: непомітність модифікацій; інформаційна ємність контейнера; стійкість до стеганоаналізу.

Практика показує, що навіть оптимальні алгоритми вбудовування демонструють різні результати залежно від властивостей контейнерного зображення. Це обумовлює необхідність дослідження впливу методів попередньої обробки зображень на характеристики стеганографічної системи.

Аналіз сучасних досліджень. У сучасних роботах основна увага приділяється переходу від просторових методів приховування до частотних та інтелектуальних підходів. Використання дискретного косинусного перетворення (DCT) та дискретного хвильового перетворення (DWT) дозволяє локалізувати області з високою енергетичною насиченістю, які є менш чутливими до модифікацій і забезпечують кращу стійкість до типових операцій цифрової обробки зображень. Частотне представлення даних сприяє зменшенню

візуальних спотворень та підвищує робастність стеганографічного вбудовування під час компресії, масштабування та фільтрації [1].

Дослідження останніх років демонструють зростання ефективності гібридних схем DWT–DCT–SVD, а також моделей глибокого навчання, що автоматизують процес вибору областей вбудовування та параметрів модифікації контейнера. Застосування згорткових нейронних мереж і автоенкодерів дозволяє реалізувати адаптивні стеганографічні системи, здатні враховувати статистичні особливості зображення та мінімізувати ймовірність виявлення прихованої інформації. Окремі дослідження спрямовані на використання моделей машинного навчання для прогнозування стійкості контейнера до стеганоаналізу ще до виконання процедури вбудовування [2, 3].

Разом із тим недостатньо дослідженим залишається питання системного використання методів обробки зображень як самостійного функціонального етапу стеганографічного процесу. Більшість існуючих підходів розглядають обробку зображень лише як допоміжний інструмент, а не як механізм оптимізації ефективності всієї стеганографічної системи. Це обумовлює необхідність подальших досліджень, спрямованих на інтеграцію процедур аналізу та обробки зображень у єдину адаптивну структуру стеганографічного вбудовування.

Вплив методів обробки зображень. Ефективність стеганографічного вбудовування значною мірою визначається статистичними та текстурними властивостями контейнера. Використання методів обробки зображень дозволяє цілеспрямовано змінювати ці характеристики. Серед основних напрямків обробки виділяють наступні. Застосування адаптивних фільтрів згладжування та підсилення контрасту дозволяє зменшити локальні шумові компоненти, що знижує ймовірність статистичного виявлення прихованих даних. Перехід у частотну область забезпечує збереження візуальної якості, стійкість до JPEG-компресії та зменшення статистичних аномалій. Використання характеристик текстурної складності (ентропії, фрактальної розмірності, локальної дисперсії) дозволяє визначати області з мінімальною чутливістю до змін, що збільшує прихованість системи.

Додатково застосування процедур нормалізації яскравості та локальної корекції контрасту сприяє формуванню більш однорідної статистичної структури контейнера, що ускладнює виявлення прихованої інформації сучасними методами стеганоаналізу. Поєднання просторових і частотних методів обробки дозволяє адаптувати параметри вбудовування відповідно до локальних особливостей зображення. Це забезпечує раціональний розподіл інформаційного навантаження між різними областями контейнера та зменшує ризик виникнення візуальних артефактів. Використання адаптивних алгоритмів аналізу зображення створює передумови для автоматизації процесу вибору оптимальних параметрів приховування. Для оцінювання ефективності, зокрема якості стегозображення, застосовуються стандартні метрики — PSNR, SSIM та інші показники структурної подібності. Результати сучасних досліджень демонструють, що попередня обробка контейнера дозволяє підвищити значення PSNR на 2–5 dB та збільшити допустимий обсяг вбудованих даних без втрати

непомітності, що підтверджує доцільність інтеграції методів обробки зображень у структуру стеганографічних систем.

Висновки. У роботі досліджено вплив методів цифрової обробки зображень на підвищення ефективності стеганографічних систем приховування інформації. Показано доцільність розгляду методів обробки зображень як інтегрованого функціонального етапу стеганографічного процесу, що безпосередньо впливає на характеристики непомітності, інформаційної ємності та стійкості до стеганоаналізу. Встановлено залежність між структурними характеристиками контейнерного зображення та ефективністю вбудовування даних, що дозволяє реалізувати адаптивний підхід до вибору областей приховування інформації. Обґрунтовано ефективність поєднання частотних перетворень із інтелектуальними методами аналізу зображень для мінімізації статистичних спотворень і підвищення якості стегозображень. Практична значущість отриманих результатів полягає у можливості їх застосування під час розроблення захищених каналів передачі даних, систем цифрових водяних знаків, засобів захисту мультимедійного контенту та інтелектуальних стеганографічних систем у задачах кібербезпеки. Отримані результати підтверджують, що використання адаптивних методів обробки зображень є перспективним напрямом розвитку сучасних стеганографічних технологій, а подальші дослідження доцільно спрямувати на інтеграцію таких методів із моделями глибокого навчання та автоматизованими системами аналізу зображень.

Список використаних джерел

1. Журавель Ю. І., Мичуда Л. З. Підвищення ефективності стеганографії через застосування методів покращання зображень та моделей штучного інтелекту // Сучасний захист інформації. – 2025. – № 2 (62). – С. 59–67.

2. Журавель Ю., Онишко В., Журавель І. Дослідження ефективності стеганографічного приховування даних із застосуванням різних колірних моделей // The 4th International Scientific and Practical Conference “The world of modern technologies and inventions”, October 10–13, 2023. – Vienna, Austria : International Science Group, 2023. – P. 329.

3. Хорошко В. О., Яремчук Ю. Є., Карпінець В. В. Комп'ютерна стеганографія: методи приховування інформації у цифрових зображеннях // Науковий вісник ВНТУ. 2021. № 3. С. 45–52.

THE RESEARCH OF RADIOACTIVITY FOR IRRADIATED MATERIALS

Khvalin Denys
Candidate of sciences (engineering), senior research worker
Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants, NAS of Ukraine

In Ukraine, the power units of Chornobyl nuclear power plant (NPP) with High-Power Channel-type Reactors (RBMK) are in the process of decommissioning, which means that in the near future it will be necessary to dismantle more than 5400 tons of spent reactor graphite. The most part of radioactive graphite there is in the reactor stacks of the Chornobyl NPP. Since the present adopted concept for the management of this graphite stipulates its retention in the reactor facilities of the Chornobyl NPP units until 2068, the direct studies of this material are complicated. In the RBMK reactors, besides the stacks, the graphite is also used in the sleeves and split rings of pressure tubes.

Determining the initial impurity composition of graphite for a specific reactor is a complex task that cannot be solved without special research. This is due to the fact that the content of many impurities in the reactor graphite is not standardized and, accordingly, is not controlled during its manufacture, since the «nuclear purity» of graphite is determined by the total neutron absorption. As a result, for different batches of graphite there may be a significant variation in the impurity content, which depends on the manufacturer, the degree of purification of the raw materials, purification technology, etc. Therefore, the information on the composition and content of impurities in the reactor graphite provided in the technical literature is usually quite contradictory.

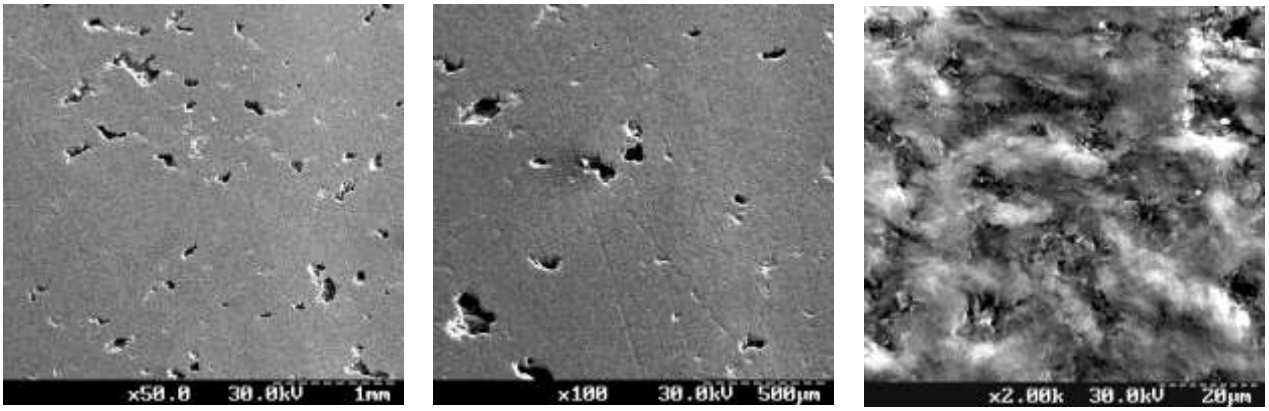
The wide range of isotopes and the rather high requirements for the accuracy of determining the content of each nuclide cause a number of problems in the selection and development of individual methods. Due to a large number of β-emitters and the continuous nature of each spectrum, the total β-spectra of the studied samples do not allow the unambiguously determination of contribution for each isotope. In some cases, based on the β-spectrum limit energies of the isotope and its contribution to the total activity, it is possible to make a semi-qualitative assessment of the contribution of this isotope to the total spectrum, but for an accurate determination of this contribution, the radiochemistry methods are usually required.

The study of radioisotope desorption at the different temperatures is not only scientific but also practical interest, since in the case of long-term storage of irradiated graphite, due to the natural processes, the different temperature conditions are possible.

Reactor graphite has a well-developed porosity, as a result, it can adsorb the significant amount of light and heavy elements, including the fuel fission products and actinides [1]. Therefore, there is a question of the fixation reliability for the sorbed radionuclides in graphite, which is the great importance when determining the methods for the graphite management as one of the radioactive waste types. From a practical point of view, it is more important to obtain the data on the fixation reliability of radionuclides in graphite under the influence of temperatures in real conditions.

At one time in Ukraine, the comprehensive studies of radioactivity and sorb characteristics were conducted only for the grade GRP-2-125 graphite of split rings of pressure tubes (selected from five cells of the reactor of the Chornobyl NPP power unit № 2) [2].

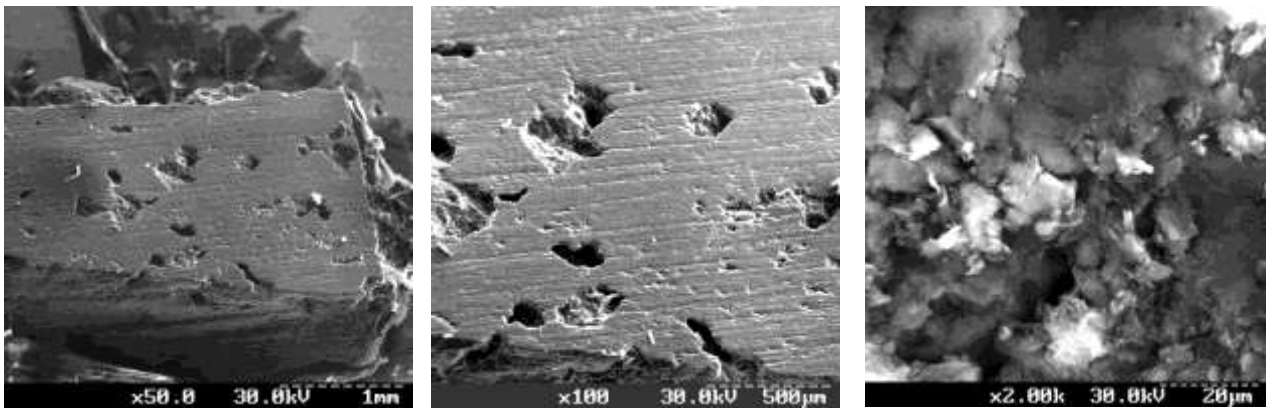
Fig. 1 shows images for the surface of unirradiated graphite sample (grade GRP-2-125) at the different magnifications, obtained with the help of Scanning Electron Microscopy [2].



Magnification on the 50 times | Magnification on the 100 times | Magnification on the 2000 times

Fig. 1 The surface of unirradiated graphite sample at the different magnifications [2]

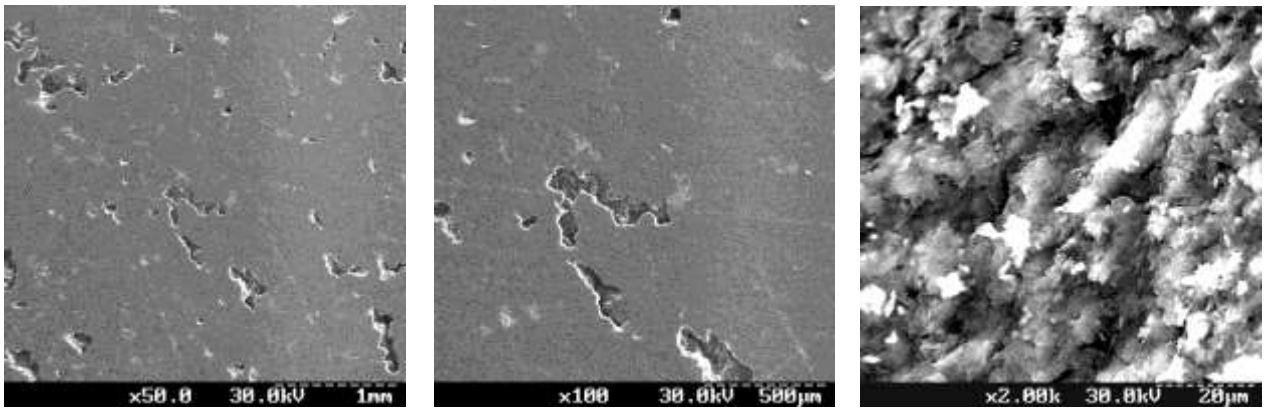
Fig. 2 shows images for the surface of irradiated graphite sample (grade GRP-2-125) at the different magnifications, obtained with the help of Scanning Electron Microscopy [2].



Magnification on the 50 times | Magnification on the 100 times | Magnification on the 2000 times

Fig. 2 The surface of irradiated graphite sample at the different magnifications [2]

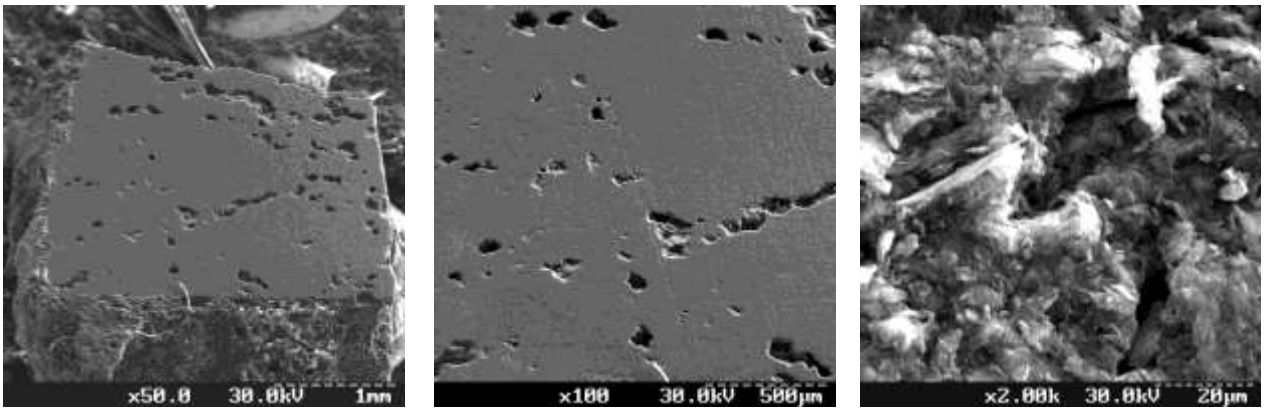
Fig. 3 shows images for the section of unirradiated graphite sample (grade GRP-2-125) at the different magnifications, obtained with the help of Scanning Electron Microscopy [2].



Magnification on the 50 times | Magnification on the 100 times | Magnification on the 2000 times

Fig. 3 The inner part of unirradiated graphite sample at the different magnifications [2]

Fig. 4 shows images for the section of irradiated graphite sample (grade GRP-2-125) at the different magnifications, obtained with the help of Scanning Electron Microscopy [2].



Magnification on the 50 times | Magnification on the 100 times | Magnification on the 2000 times

Fig. 4 The inner part of irradiated graphite sample at the different magnifications [2]

On the basis of foregoing the following conclusion could be obtained:

for both surface and inner part of samples, the visual difference between unirradiated and irradiated graphites is observed, as well the porosity of the surface, in contrast with the inner part of graphite, changes noticeably after irradiation.

References:

1. Khvalin D.I. (2026). The problem of radioactive material characterization. Colloquium-journal, 8 (273), 90-94.

2. Study of GRP-2-125 graphite radioactivity of the reactor of the Chornobyl NPP power unit № 2. Report on the research work. Slavutych: International Radioecological Laboratory of the Chornobyl Center, 2003. P. 79. (Rus.)

РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ОСВІТИ

Шайтанова Олена Анатоліївна
викладач вищої категорії
Дніпровський фаховий коледж радіоелектроніки

Упродовж останніх років істотно погіршився стан довкілля. Екологічні проблеми сягнули планетарного масштабу. В даний час виріти ці проблеми можливо лише за умови підвищення екологічної свідомості населення. На екологічну свідомість впливають культура, традиції, особисті потреби і досвід, цінності середовища, у якому зростає та перебуває людина.

В сьогоденні природнє середовище працює на «межі можливого». Видобуток корисних копалень, робота промислових об'єктів, використання природнього палива, транспорт – все це негативно впливає на навколишнє середовище і рівень комфортного життя людства в цілому. Сучасні студенти, в майбутньому фахівці різних галузей, мають бути обізнані та озброєні екологічними знаннями, законами, розумінням екологічних понять та шляхів виходу з екологічної кризи. Практичний досвід екологічних вмінь може допомогти в майбутньому на шляху до вирішення екологічних проблем на локальному та глобальному рівні.

Як викладачі природничих дисциплін, ми ставимо перед собою завдання – озброїти студентів екологічними знаннями та законами, прищепити їм навички усвідомленої екологічної культури та поведінки.

Метою даної роботи є усвідомлення нероздільного зв’язку людини з природою, що саме від природи залежить її здоров’я і стан екологічної рівноваги в цілому.

Для досягнення цієї мети можливе лише за умови, коли зміст екологічної свідомості буде включати в себе такі поняття, як: екологічна культура, екологічне виховання та екологічна освіта.

Екологічна культура студента – це система наукових знань та навиків, спрямованих на пізнання процесів і результатів діяльності людини, відповідальності за стан природи та готовність громадянина до природоохоронної діяльності.

В свою чергу екологічне виховання – це вплив на свідомість людини, формування соціально-психологічних установок і активної громадської позиції, направленої на збереження природи в цілому [4].

Велику увагу студентів коледжу потрібно приділити формуванню еколого-економічного мислення. Саме краєзнавчий принцип, який полягає у поглиблені знань про природу рідного краю, в ознайомлені з екологічними проблемами рідного міста, які виникли в результаті недбалого природокористування.

Хоча екологічне виховання багатогранне, проте його розглядають з трьох позицій:

1. Екологічне виховання є частиною загального всебічного виховання особистості.

2. Воно є самостійним видом виховання, тому що відрізняється від інших видів за цілями, завданнями, а головне, за методами реалізації в конкретних варіантах виховної роботи.

3. Екологічне виховання - це «системоутворюючий фактор» усієї системи виховання.

Така багатогранність свідчить про цілісність, самостійність, системність і особистісно-орієнтований характер екологічно-виховного процесу, що визначає можливість вибору змісту, засобів і форм впливу на формування стійких ціннісних орієнтацій [2].

Екологічне виховання повинно базуватися на основному постулаті про те, що вихід з екологічної кризи в сучасних умовах можливий. Майже усі згідні з тим, що ми зобов'язані зберегти нашу планету населеною, набагато важче змусити людей поводитися відповідним чином. Ключі до вирішення глобальної екологічної проблеми - в переоцінці світоглядних цінностей; у зміні пріоритетів, а також в нормалізації чисельності населення через планування сім'ї, у невтомній практичній праці над реалізацією основних напрямів в охороні навколишнього природного середовища [2].

Науковці виділили три аспекти ставлення особистості до природи:

– до природного середовища життєдіяльності людини;

– до особистих природних даних;

– до діяльності, пов'язаної з вивченням і охороною природного середовища.

На їхню думку, ставлення зумовлюється потребами і виявляється в емоціях симпатії, прихильності, ворожості тощо. Передумову відповідального ставлення студентів до природи вчені вбачають у формуванні екологічної свідомості, що сприяє становленню екологічних переконань особистості - стрижневого компонента екологічної відповідальності.

В екологічному вихованні найголовнішу роль вони надають:

– потребі у спілкуванні з живою природою;

– настановам та мотивам діяльності особистості з усвідомлення універсальної цінності природи;

– переконанням у необхідності збереження природи, а також здоров'я власного та суспільного;

– потребі у діяльності, спрямованій на вивчення й охорону природи та екологічне просвітництво.

Саме конкретні проблеми найбільш гостро розкривають важливість екологічних проблем людства і спонукають до конкретних дій. Екологічне виховання не можливе без здійснення природоохоронних заходів, що стосуються кожної людини з вирішення екологічних проблем.

Окрім екологічної культури та виховання не можна обійтися без екологічної освіти. Саме освіта є основною складовою екологічної свідомості.

Особливе місце в екологічній освіті в коледжі належить дисциплінам природничого циклу: хімія, біологія, екологія, географія. Ці дисципліни створюють необхідну теоретичну базу для розвитку студентів задля формування цілісної картини зав'язків між живою та неживою природою.

Методологічною основою екологічного навчання – є усвідомлення нероздільного зв'язку людини з природою, що саме від природи залежить її здоров'я і стан екологічної рівноваги в цілому.

За критерієм носія в екологічній свідомості можна виділити такі форми:

1. індивідуальна екологічна свідомість, тобто сукупність уявлень, відчуттів, знань про особливості взаємодії суспільства та природи, що притаманні окремому індивіду, виражають його унікальність та неповторність.

2. масова екологічна свідомість - відображає притаманні певному суспільству чи великій соціальній групі (класу, нації, віковій групі і т.п.) уявлення про особливості взаємовідносин у системі «суспільство-природа». Масова екологічна свідомість не є середньою арифметичною індивідуальних екологічних свідомостей всіх членів суспільства чи соціальної групи, а виражає домінуючі, пануючі погляди [1].

Питання про необхідність реформування освіти в цілому та екологічної освіти зокрема розглядається сьогодні у багатьох наукових та загальноосвітніх джерелах. Інтегративний характер екологічних знань, протиріччя, що мають місце в структурі взаємин «людина-природа» зумовлюють необхідність підготовки майбутніх фахівців до розв'язання проблемних екологічних ситуацій поза залежністю їхнього професійного визначення [3].

Майбутні покоління не повинні забувати, що природа, вода та чисте повітря – це найголовніше, що повинно бути в нашому житті.

Знання, які накопичені протягом тисячоліть, передавалися з покоління в покоління і закріплювалися як суспільно-історичний досвід. Екологічні знання передавалися в народі через прислів'я, казки та приказки.

Отже, можна зробити висновок, що лише єдність з природою, переконання та єдність дій здобувачів освіти допомагає виховувати в майбутніх фахівцях почуття відповідного ставлення до навколишнього середовища. Тільки такі фахівці з глибокими екологічними знаннями, високим рівнем екологічної культури і виховання можуть побудувати екологічну державу для стабільного існування суспільства в майбутньому.

Список літератури

1. Потапчук Л. В. Особливості екологічної свідомості студентської молоді в умовах суспільних перетворень. Психологічні перспективи. 2016. Вип. 28.

2. Сушко С. Б. Екологічна свідомість як чинник формування та основа розвитку сучасної політики. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 22 : Політичні науки та методика викладання соціально-політичних дисциплін.2019. Вип.26.

3. Тимошенко Л. В. Формування моральної свідомості підлітків у процесі екологічного виховання. Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія : Педагогіка і психологія. 2013. № 39.

4. Яблуновська К.О. Педагогічна підготовка інженерів-педагогів в аграрній галузі. Актуалні проблеми технологічної і професійної освіти. Глухів. 2018.

THE ROLE OF STRATEGIC HUMAN RESOURCE MANAGEMENT IN ESG-ORIENTED BUSINESS MODELS

Kobets Dmytro,
PhD, Associate Professor,
Khmelnytskyi National University

Voitenko Kristina
higher education student
Khmelnytskyi National University

The acceleration of globalization processes, the increasing importance of intangible resources and increased societal pressures towards a stronger corporate social responsibility are leading to a reshaping of traditional models of company management.

The key reference points of the contemporary management model are the ideas of sustainable development formulated at the international level under the auspices of the United Nations. Sustainable development is defined as a mode of development in which economic, social, and environmental interests are integrated in pursuit of a balanced long-term objective [1]. Under conditions of market turbulence, an enterprise's capacity to incorporate these interests into strategic decision-making is a prerequisite for its competitiveness and investment attractiveness.

A subsequent stage in the evolution of corporate social responsibility ideas was the formation of the ESG approach, which entails structuring a company's activities along three principal dimensions: environmental, social, and governance. The fundamental distinction between the ESG concept and corporate social responsibility lies in its measurable, standardized format and the inclusion of corresponding indicators in the corporate reporting and management control system. Consequently, the social dimension only appears to be purely ethical at first glance, as it directly affects the reputational capital of the enterprise, the company's value, and its access to financial resources.

The social part of ESG is highly connected to the system of human resource management. It is the people involved which will determine a business's ability to drive positive change and realize new environmental pursuits, guarantee management clarity, and uphold an open-door policy on ethics. The topics of balance between genders, safe and healthy work, building own competencies as a fundamental development factor in the company, respect and inclusion into business relations as well as into topics related to employment inclusion can be understood strategically. As a result, the HR function is increasingly being utilized to play a strategic role in achieving an organization's ESG goals; thus gradually shifting from an operational-administrative function to an integrated and strategic one [2].

At the same time, at the theoretical level, a degree of fragmentation persists in the scholarly examination of the relationship between ESG and HR. The majority of

studies consider these domains in isolation, which complicates the formation of an integrated methodology for their implementation. It is for this reason that the issue of a comprehensive, systemic approach to determining the place of HR within ESG business strategies warrants thorough investigation.

Strategic human resource management is understood as an aggregate of long-term managerial decisions and practices directed at the formation and development of human capital in accordance with the strategic objectives of the organization. Unlike operational HR management, which focuses primarily on personnel administration, the strategic approach presupposes the integration of personnel policy into the overarching corporate governance and planning system.

In today's knowledge economy, value is created by human capital. Core competencies, creativity and adaptive capacity and proactive behavior of the employees ensure quickly response of an organization towards external changes. As a result, strategic HR management needs to be conceived not only as an instrument of reaching short-term operational objectives; it has to develop the organizational resilience for addressing long-term challenges with all consequences (and this is where there are no sharp edges between ESG approach and HR management).

The incorporation of ESG considerations into HR strategy will mean that such goals are translated into specific personnel plans and practices. This includes the creation of ethical leadership, establishment of enforcement mechanisms, promoting inclusion, ensuring safe working environments and fostering employee well-being. In these circumstances the implementation of strategic management of human resources is an instrument of the corporate sustainable development strategy and its effectiveness is calculated not only through productivity or labor cost indices, but also depending on its impact in a social and reputational components of business [3].

It should be noted that the inclusion of the ESG criteria in to SHRM system requires a rethinking regarding evaluating HR function effectiveness. More classical signals of this activity – turnover rate of personnel and labour productivity level – can be complemented by signals of employee commitment and participation to the company (engagement, equal opportunities policy, people development in the field of sustainable development and involvement in environmental initiatives). This evolution allows us to move from a limited functional toward an overall system of measuring performance outcomes in the context of HRM.

Consequently, strategic human resource management under modern circumstances is not only an ingredient to corporate management, it has become one of the most important means for enterprise survival. The integration of HR strategy to the ESG orientation allows owners, employees, and overall society's interests to be reconciled, increases stakeholder confidence and provides a foundation for sustainable organizational development.

Theoretical implications have shown that the ESG concept is a logical continuation and substantial extension of ideas on sustainable development and corporate social responsibility, providing them with measurable strategic nature. New-generation social responsibility KPIs are closely related to personnel management system, which imposes the need to incorporate the relevant indicators in the strategy of enterprise HR.

Strategic HRM, in turn, undergoes transformation within the ESG adoption environment and becomes a mechanism through which organizational resilience and long-term business value are created.

References:

1. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development* (2015). Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. https://docs.un.org/en/A/RES/70/1

2. Babaiev, V., Klymenko, N., Berlizova, V., & Tymokha, D. (2025). Implementation of ESG principles in public and corporate . *Theory and Practice of Public Administration, 1*(80), 132-152. https://doi.org/10.26565/1727-6667-2025-1-08

3. Budiakova, O., & Konchenko, D. (2024). Current trends in defining ESG principles in corporate sustainable development., (60). https://doi.org/10.32782/2413-2675/2024-60-1

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ФАКТОРИНГУ ЯК ДІЄВОГО ФІНАНСОВОГО ІНСТРУМЕНТУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКІВ З БІЗНЕСОМ

Бабич Людмила Миколаївна,
канд. екон. наук, доцент кафедри фінансів, обліку і аудиту,
Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Горобінська Ірина Владиславівна,
канд. екон. наук, доцент кафедри фінансів, обліку і аудиту
Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Горобінський Артур В'ячеславович,
здобувач вищої освіти
Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Бабич Микита Андрійович,
здобувач вищої освіти
Київський національний лінгвістичний університет, м. Київ, Україна

Факторинг здавна відомий як фінансова послуга для бізнесу, що дозволяє кожній компанії миттєво отримувати кошти за відвантажений товар чи надану послугу, не очікуючи терміну щодо відстрочки платежу від покупців, адже згідно законодавчо визначених положень, продавець може передавати заборгованість своїх покупців безпосередньо до банку, або ж факторинговій компанії, тобто фактору, який відразу ж сплачує основну частину необхідної суми коштів. Зазначене вказує, що саме факторинг слід вважати дієвим фінансовим інструментом в організації вирішення надто актуальних, особливо за сучасних складних умов воєнного стану, для бізнесу питань – забезпечення стабільного проведення ефективних з клієнтами розрахунків при виникненні дебіторської заборгованості.

Метою роботи є розробка пропозицій з активізації поширеного застосування бізнесовими компаніями особливого виду фінансових послуг – факторингу як дієвого фінансового інструменту щодо забезпечення ефективних процесів ведення бізнесом системи розрахунків в сучасних економічних умовах.

Проблематика розвитку ринку факторингових послуг в Україні вимагає подальшого досліджування, оскільки немає достатньої поінформованості про факторингові операції, тому що рівень їх поширення в економіці перебуває на досить низькому рівні.

Особливості стану ринку факторингових послуг в Україні досліджено у працях Масюк Ю.В. [2], Ніколайчук Т.О. [4], Пікус Р.В., Назаренко М.Ю. [5],

Смирна О.В., Береславець О.А. [6], Степаненко Н.В., Богуславський Є.В. [8] та багатьох інших.

Факторингові операції в Україні набувають особливого розвитку в період 2014-2020 років, коли чисельність компаній, що мають чинні ліцензії на надання послуг з факторингу, зросла майже в 16 разів, і на кінець 2020 року перевищила 730 од. [3], в тому числі стрімке збільшення мало місце у 2014-2015 роках та у 2018-2020 роках при тому, що додаткові факторингові послуги надавали також окремі комерційні банки (рис. 1).

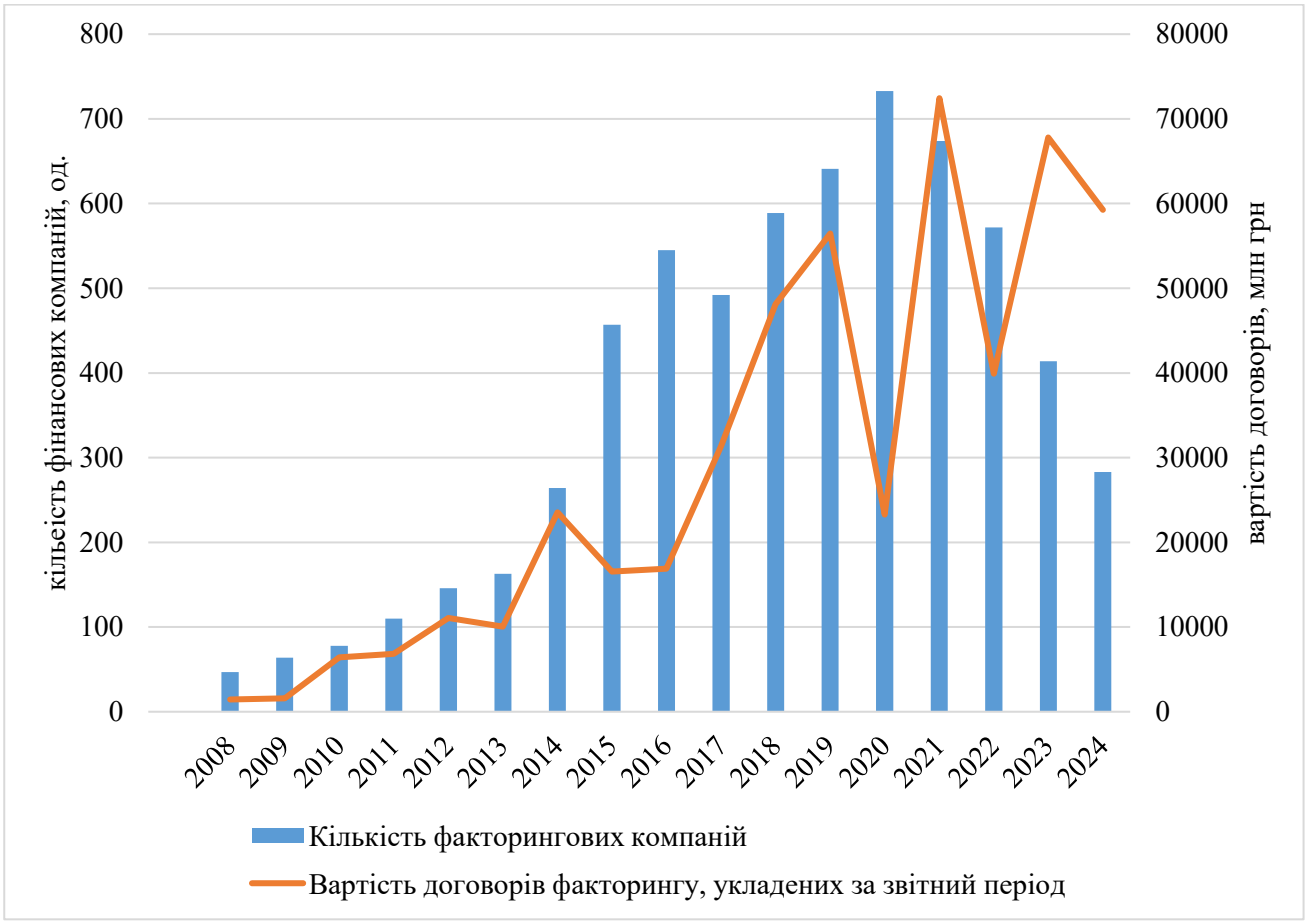


Рисунок 1. Показники ринку факторингових послуг в Україні
Джерело: побудовано за даними НБУ [3]

У 2021 році чисельність відповідних фінансових компаній зменшилася на 59 од., що становило 8,0%; у 2022 році – зменшення на 102 од. або 15,1%; у 2023 році – зменшення на 158 од. або 27,6%; у 2024 році – зменшення на 131 од. або 31,6%. Протягом 2024 року за І кв. припинено ліцензію на факторингові операції для 50 компаній, ІІ кв. – 43 фінансових компаній, ІІІ кв. – 48 фінансових компаній, ІV кв. – 33 фінансових компаній [3].

Як видно з рис. 1, починаючи з 2022 року і до сьогодні через, передовсім, широкомасштабне ведення воєнних дій і недостатню поінформованість бізнесу про ефективність факторингових операцій, сформувалась тенденція зменшення чисельності компаній з відповідними ліцензіями на надання факторингових

послуг. Тобто кількість таких компаній скоротилась майже вдвічі і нині знаходиться в межах 300 од. [3].

Зрозуміло, що і за такої чисельності бізнесові компанії можуть використовувати переваги факторингу, проте частка факторингу за товарною дебіторською заборгованістю як суто класичного факторингу складає не більше, ніж 20%, а це означає, що лише п'ята частина факторингових операцій використовується безпосередньо у співпраці з бізнесом, в той час як головна робота факторингового ринку зосереджена на операціях з проблемними кредитами.

З огляду на зазначене, невідкладним постає питання важливості створення механізмів дієвого сприяння активному застосуванню бізнесовими компаніями факторингу за основним його призначенням – упорядкуванням з клієнтами комплексу розрахунків за товарними операціями.

Отже, першочерговим в системі елементів механізму щодо сприяння активному зростанню факторингу в сучасних умовах, та і у повоєнний період, є відпрацювання згідно міжнародних стандартів комплексу документів щодо системи факторингових операцій в Україні. Запорукою активізації застосування у торгових операціях факторингу мала б стати більш чітка взаємодія діючих факторингових компаній і комерційних банків з бізнесом в контексті реалізації відповідних заходів грошово-кредитної політики з акцентом на врахуванні особливостей щодо процесу проведення взаємних розрахунків в системі бізнесу.

Саме невідкладне в найкоротші терміни є упорядкування чинного законодавства у царині факторингу, особливо, що стосується положень державної підтримки, разом із обґрунтованими підходами грошово-кредитної політики щодо особливостей здійснення розрахунків за товарними операціями та при активізації інформаційної політики з питань факторингу серед підприємств, банків і факторингових компаній, що слугуватиме надійним підґрунтям у формуванні взаємодії інтересів між сторонами ведення таких розрахунків, а головне – стане базисом для подальшого ефективного розвитку бізнесу в Україні.

Список літератури:

1. Концепція реформування регулювання факторингу в Україні. URL: https://bank.gov.ua/admin_uploads/article/Conception_factoring_pr_23-06-2023.pdf?v=14

2. Масюк Ю. Факторинг в Україні: сутність, стан та перспективи розвитку. *Економіка та суспільство*. 2025. Вип. 72. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-72-119

3. Наглядова статистика НБУ. URL: https://bank.gov.ua/ua/statistic/supervision-statist

4. Ніколайчук Т.О. Факторинг у сфері природно заповідного фонду України, як інструмент розвитку соціально відповідального бізнесу. *Innovation and sustainability.* 2022. Iss. 1. С. 72-83.

5. Пікус Р.В., Назаренко М.Ю. Розвиток ринку факторингових послуг в Україні. *Ефективна економіка*. 2024. № 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2024_1_76

6. Смирна О. В., Береславець О. А. Особливості та проблеми реалізації факторингових операцій в Україні. *Бізнес Інформ*. 2020. № 1. С. 324-330.

7. Смолин Я.В. Питання генезису фінансового факторингу. *Актуальні проблеми вітчизняної юриспруденції* 2024. № 3. С. 24-34.

8. Степаненко Н.В., Богуславський Є.В. Особливості та правові аспекти надання факторингових послуг на небанківському фінансовому ринку України. *Legal Bulletin*. 2024. № 4(14). С.19–23.

9. Шевченко І.О. Фінансові механізми підтримки бізнесу: факторинг, форфейтинг та лізинг. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2024. № 6. С. 148-155.

10. Davydenko N, Boiko S, Cherniavska O, Nehrey M. Analysis of the Impact of State-Owned Banks on the Sustainability of Public Finances. *Economies*. 2023; 11(9):229. URL: https://doi.org/10.3390/economies11090229

PERSONALIZING VOCATIONAL EDUCATION THROUGH COGNITIVE COLLABORATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN STEM EDUCATION

Mihalev Georgi
PhD, Adjunct Lecturer
"Bishop Konstantin Preslavski" University of Shumen

Abstract: The report examines the problem of cognitive overload in vocational education, arising from the need to process a large volume of information. The PLC-STEM model extends this approach in the context of STEM education, integrating AI as a cognitive partner through a three-step cyclical methodological framework (diagnostics, adaptive delivery, evaluation, and recalibration). Four principles of the model are presented – scientifically grounded application, implementation and mastery, iterative engineering design, and applied mathematical modeling – which restructure the interaction between STEM disciplines. Through a practical case study in the field of programming with generative AI, it is illustrated how AI functions as an extension of the learner's cognitive abilities, where the learner retains control over the engineering cycle while AI takes over routine and generative tasks.

Keywords: cognitive collaboration, artificial intelligence, personalized learning, STEM education, cognitive load, PLC model, generative AI, vocational education, adaptive learning, engineering design

Introduction: According to the theoretical postulates of cognitive load theory, learners are at risk of cognitive overload, which arises from the need to simultaneously process an excessive amount of information before meaningful engagement in the learning activity can take place [1]. Consequently, cognitive load theory focuses on cognitive processes by examining the complexity resulting from the volume and interaction of information that is subject to synchronous processing prior to the commencement of instruction [2].

John Sweller defines five fundamental evolutionary principles for structuring and describing human cognitive architecture:

- the information store principle;
- the narrow limits principle;
- the borrowing principle;
- the randomness as genesis principle;
- the borrowing and reorganising principle.

Within this framework, artificial intelligence can be regarded as a cognitive partner that facilitates the regulation of cognitive load through adaptive structuring of information flows and supports the application of the aforementioned evolutionary principles in the educational environment. AI is integrated not merely as a delivery tool, but as a primary driving force for the design, assessment, and evolution of the educational pathway, so as to respond to the unique profile of each learner in real time.

The model presents an optimal balance between the individual characteristics of the learner and the complexity, form, and sequence of the STEM content provided [3].

Exposition: Individualization of instruction, although a didactic principle with a long tradition, acquires new dimensions with the introduction of technological solutions capable of processing learner data in real time. One contemporary realization in this direction is the model called Personalized Learning Content (PLC), which in essence represents a strategy for delivering educational resources not along a pre-determined trajectory, but along a dynamically formed one. In contrast to the differentiated approach, where learners are distributed into relatively stable groups based on common characteristics, PLC relies on artificial intelligence to construct and continuously update an individual cognitive profile for each learner.

The functioning of the model is based on the collection and processing of data during the learning process – not only regarding achievements, but also regarding pace, learning style, degree of engagement, and preferences for different types of content. The result of this analysis is the so-called deep learner model, which describes not only the current level of competence but also the zone of proximal development according to Vygotsky's terminology. On this basis, the system can recommend, restructure, or even generate learning materials, as well as modify assessment procedures. Although PLC shares conceptual proximity with Intelligent Tutoring Systems (ITS), its main focus lies precisely on the adaptation of information resources, rather than on teaching interaction strategies.

The methodological necessity for such a model arises primarily where the learning group is highly heterogeneous, and the standardized approach leads to non-mastery of the material by some learners and boredom by others. Three types of learning situations outline the field of application. The first is introductory courses, where rapid equalization of incoming knowledge levels is required. The second is disciplines with a high degree of abstraction or complexity, where some learners require supportive content such as simulations or concrete examples, while others are ready for direct conceptual generalizations. The third is advanced training, where the goal is not the acquisition of basic knowledge, but deepening and specialization within subdomains of the discipline.

Personalized learning content finds application in professional fields characterized by high knowledge dynamics and the need for continuous skills updating. In the field of information technology and programming, the model allows modules in programming languages, databases, or cybersecurity to adapt to the individual pace of mastery, without compromising final competence. In engineering specializations, the ability to personalize laboratory exercises and simulations according to the level of preparation in mathematics and physics proves key to preventing cognitive overload. In medicine and healthcare, where diagnostic procedures require not mere memorization but the integration of clinical thinking, adaptive virtual cases provide an opportunity for practice without risk to patients, with gradually increasing complexity tailored to the progress of each individual learner.

The main goal that the PLC model sets for itself is to extract the maximum educational potential of each learner through several interrelated mechanisms.

- Enhancing learning efficiency – the mechanism functions through the systematic elimination of repetition of already mastered concepts, which in the traditional model often leads to loss of time and cognitive resources. The learner's attention is directed toward those areas of knowledge that still require improvement, thereby shortening the time needed to achieve the target level of competence;
- Reducing dropout – one of the main risk factors for premature discontinuation of education is the imbalance between the offered level of difficulty and the learner's actual capabilities. PLC addresses this problem by maintaining an optimal level of challenge – sufficiently high to stimulate progress, but not so high as to cause frustration. This prevents demotivation, which arises both from material that is too easy (leading to boredom and loss of interest) and from material that is too difficult (leading to feelings of helplessness and disengagement);
- Ensuring currency – in professional fields with high knowledge dynamics, learning materials prepared according to traditional publishing cycles quickly become obsolete. PLC meets this challenge by dynamically integrating emerging professional knowledge into the learning content. This process is carried out through artificial intelligence algorithms, which process current sources – from scientific publications to industry standards – and transform them into accessible educational formats, without requiring human intervention for each individual update.

Methodological framework: It is organized around three sequential yet continuously recurring steps, which form a closed cyclical process of personalization.

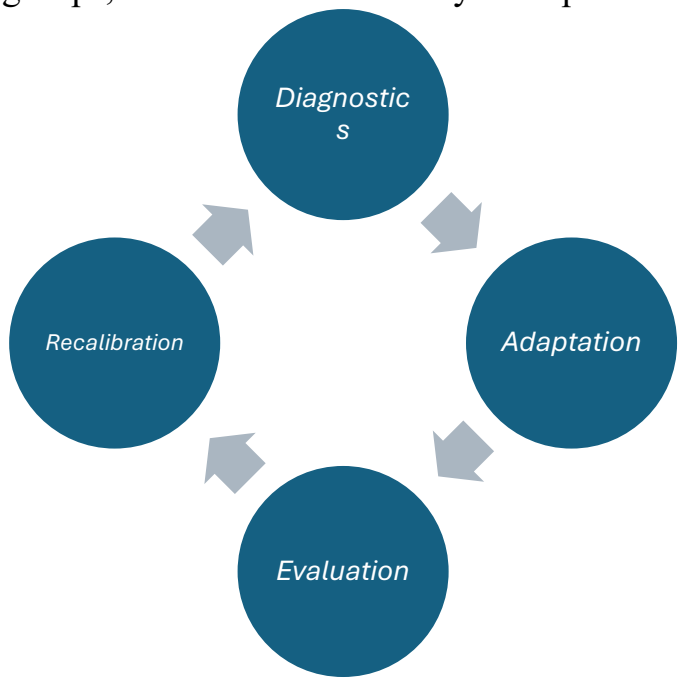


Figure 1. Methodological framework of the model for personalized learning content through artificial intelligence
Source of the figure: author's development.

- Diagnostics and construction of a learner model – In the initial phase, an incoming assessment of the learner's current level of knowledge is conducted. Based on the data obtained, artificial intelligence constructs an individual profile in which

both existing gaps in mastery and the learner's identified strengths are systematically identified. To illustrate this step, the following example may serve: a programming student demonstrates excellent mastery of the syntactic rules of the language but shows significant difficulties in evaluating the algorithmic complexity of their own solutions;

- Adaptive delivery of learning content – In the second step, artificial intelligence activates recommendation algorithms, whose function is to dynamically change both the sequence of material presentation and the degree of its detail and depth. The system possesses the ability to generate specialized ad hoc examples that are tailored to the professional profile and future career of the specific learner;
- Impact evaluation and model recalibration – After each learning interaction, the system measures the effectiveness of the content provided. The results obtained are used to retrain the learner model, whereby precise adjustment of its parameters is performed. This mechanism successively increases the accuracy of future recommendations with each completed iteration of the cycle.

Integration of the model into STEM: The integration of AI into PLC-STEM is twofold: first, as Analytical AI (for diagnostics and learner modeling), and second, as Generative AI (for creating personalized STEM challenges and contextual support). AI plays the role of an adaptive algorithmic engine that continuously maintains the balance between task complexity and the learner's available skills. This method embodies the principle of Human-AI Teaming, where the human is responsible for creativity and ethical control, while AI provides speed, personalization, and managed complexity of the learning environment. [3]

Foundations of STEM education used in the method

The application of the model is realized through the complete incorporation of all STEM components. Each of the four pillars of STEM – Science, Technology, Engineering, and Mathematics – receives a specific interpretation within the framework of the model, with artificial intelligence acting as a mediator between the principles of personalization and the subject content. The relationship between each STEM component and the corresponding principle of PLC-STEM, as well as their methodological application, are presented in the table 1.

Table 1.

Integration of STEM pillars with PLC-STEM principles and their methodological application in the model

STEM Pillar	PLC-STEM Principle	Methodological Use in the Model
Science	Scientifically grounded application	Artificial intelligence generates STEM cases that require the learner to formulate and test scientific hypotheses regarding the behavior of the system. An example of such a task is the following question: "Why does a given optimization algorithm fail with certain input data?"

Technology	Implementation and mastery	The learner uses and programs technological tools (simulations, AI libraries), focusing on the effective use of available digital resources to solve the given problem.
Engineering	Iterative engineering design	The core of the learning process is the complete engineering cycle – from defining the problem to creating a prototype and testing it. In this process, artificial intelligence dynamically changes the "client's" requirements, forcing the learner to adapt their solution.
Mathematics	Applied mathematical modeling	The learner is required to use mathematical models (statistics, algorithms) to analyze data collected during the project and to justify the engineering decisions made. Artificial intelligence personalizes the complexity of the mathematical task according to the learner's current level of competence.

The four principles of the PLC-STEM model, presented in the table, do not function in isolation but form an interconnected didactic system. The principle of scientifically grounded application initiates the learning process by prompting the learner to think in terms of cause-and-effect relationships and empirical verification. It is followed by the principle of implementation and mastery, which transforms the scientific hypothesis into a concrete technological solution – the learner does not merely understand the theoretical model but realizes it through appropriate digital tools. The third principle – iterative engineering design – introduces cyclicality into the process, requiring repeated backtracking, revision, and refinement of the prototype in response to the dynamically changing requirements of the environment. The fourth principle – applied mathematical modeling – provides the quantitative justification for each engineering decision, transforming subjective assessments into objective, measurable criteria. It is precisely at the intersection of these four principles that PLC-STEM achieves its specificity: it does not add new disciplines to STEM, but restructures the way in which existing disciplines interact with each other through cognitive collaboration with artificial intelligence.

To illustrate the application of the described principles in a real learning situation, a specific case study, developed according to the logic of the PLC-STEM model, is presented below.

Practical case study: Generative artificial intelligence for design and user interfaces in programming

Topic of the case study

Implementation of generative artificial intelligence (Generative AI, GenAI) for automated creation of user interface (UI/UX) components in Front-end programming education.

Aim and professional field

- **Aim:** Developing skills in learners to use large language models (LLMs) and multimodal artificial intelligence as a virtual co-developer to accelerate the process of user interface design and coding, while maintaining focus on the validation, optimization, and architectural purity of the generated code;
- **Professional field:** Information technology, Programming specialisation (Front-end Development).

Practical setup

Learners are tasked with developing a web-based dashboard for an Internet of Things (IoT) climate control system. The dashboard must include complex visualisations (graphs, dynamic indicators) and be fully adaptive to different screen sizes. The execution of the task requires work with libraries such as React and D3.js or other visualisation libraries.

The methodological sequence of actions undertaken by the learner, using the "Artificial Intelligence as a Cognitive Partner" approach, is described in Table 2.

Table 2.
Steps in the methodological sequence of the model

Step	Learner's Action	Software and Tools	AI Output
1. Visualisation and concept	The learner creates a rough graphic sketch (freehand or with low precision in an environment such as Figma) of the dashboard and uploads it to the system.	Multimodal artificial intelligence (e.g., Gemini), Figma, or paper medium.	The system generates basic HTML/Tailwind code with a responsive layout (grid or flexbox) implemented based on the provided visual sketch.
2. Complex component generation	The learner submits a request to create an interactive component, for example: "React component for a pie chart showing energy consumption using D3.js, and add a loading animation".	Large language model (LLM) for text-to-code conversion, coding environment (e.g., VS Code).	The system generates complex functional JSX/TSX code that includes the logic of React hooks and integration with D3.js or Recharts.

3. Debugging and optimisation	The learner identifies a performance problem when loading the component. They ask the AI a question to the following effect: "How do I refactor this React component to use useMemo and useCallback to improve rendering?"	Large language model (LLM), browser profiling tools.	The system provides optimised code, accompanied by an explanation of the architectural principle (explainable AI, XAI), which clarifies the benefits of memoisation.
4. Validation and ethics (accessibility)	The learner tests the dashboard with accessibility tools. They submit a request to the AI to the following effect: "Add ARIA attributes to improve the accessibility of the graph for people with visual impairments".	Large language model (LLM), accessibility audit tool (e.g., Lighthouse Audit).	The system provides a final version of the code with embedded ethical and professional validation (accessibility).

Analysis of the integration of the case study with STEM and artificial intelligence: The case study illustrates how the PLC-STEM model is realised in the field of programming, integrating generative artificial intelligence into the complete engineering cycle. The relationship between the different aspects of integration is systematised in Table 3 below.

Table 3.
Integration of AI in the field of programming

Integration Aspect	Description of the Process
Integration model	The PLC-STEM model is applied. Artificial intelligence personalizes the complexity of the required components – for example, generating more complex D3.js logic for advanced learners and simpler logic for beginners. The learner is not a passive consumer of the generated content, but an active manager of the generative process.
Use of artificial intelligence	Multimodal generative AI (Multimodal GenAI) is used for the transition from visual sketch (design) to structured code (technological implementation). Large language models (LLMs) are applied for contextual debugging and architectural recommendations, as shown in step 3.
Science	The case study includes understanding of principles of information theory (data structure for visualization), ergonomics (principles of user interface and user experience – UI/UX), and perception psychology (correct presentation of information in graphical form).

Integration Aspect	Description of the Process
Technology	The learner masters the ecosystem of modern web technologies (React, Tailwind CSS) and applies best practices for creating efficient and maintainable software solutions.
Engineering	Iterative engineering design is applied. The learner acts in the role of a software architect, making independent decisions regarding the choice of tools and validating generated prototypes against the client's specified requirements.
Mathematics	Visualization mathematics is applied (the D3.js library is based on scales, transformations, and statistical concepts) and algorithmic complexity is analyzed (step 3), whereby the code is optimized to reduce execution time (time complexity).

Conclusion

Findings:

- The PLC-STEM model offers an operationalization of the principle of individualization in professional STEM education through the use of artificial intelligence as a cognitive partner;
- The four principles – scientifically grounded application, implementation and mastery, iterative engineering design, and applied mathematical modeling – provide a methodological framework in which each STEM component receives a specific yet integrated role;
- The practical implementation of the model, illustrated through the case study with generative AI in Front-end programming, demonstrates that artificial intelligence can function not as a substitute for the learner, but as an extension of their cognitive abilities;
- The learner retains control over the engineering cycle – from concept to validation – while artificial intelligence takes on routine, repetitive, and generative tasks;
- The integration of multimodal artificial intelligence and large language models into engineering design leads to a significant change in the learner's role – from an executor of pre-defined instructions to an architect and manager of the generative process;
- The development of a new type of meta-skills, among which central importance is occupied by the ability to formulate precise prompts to artificial intelligence (prompt engineering) and the critical evaluation of the generated results.

References:

1. J. Sweller, "Cognitive load theory: recent theoretical advances," in Cognitive Load Theory, J. L. Plass, R. Moreno, and R. Brünken, Eds., New York: Cambridge University Press, 2010, pp. 29-47.

2. F. Paas, A. Renkl, and J. Sweller, "Cognitive load theory and instructional design," Educational Psychologist, vol. 38, no. 1, pp. 1-4, 2003.

3. G. M. Georgiev, Integration of Artificial Intelligence in Vocational Education through STEM Approaches, Shumen: University Publishing House "Bishop Konstantin Preslavski", 2026, p. 196.

4. L. Vygotsky, Thinking and Speech, D. G. Rafailova, Ed., Sofia: Nauka i izkustvo, 1983, p. 556.

THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEACHING: OPPORTUNITIES, CHANLLENGES AND IMPLEMENTATION STRATEGIES

Ngo Trung Hoc
University of fire prevention and fighting,
243 Khuat Duy Tien, Thanh Xuan , Ha Noi , Viet Nam

Abstract: Artificial intelligence (AI) is increasingly transforming education by changing how teachers design lessons, deliver instruction, assess learning outcomes, and support students. In teaching, AI can be used to personalize learning, generate educational materials, provide instant feedback, support classroom management, and analyze students' learning progress. However, the integration of AI into education also raises important concerns, including academic integrity, data privacy, algorithmic bias, unequal access to technology, and the potential overdependence of learners on digital tools. This article discusses the major applications of AI in teaching, analyzes its benefits and limitations, and proposes practical strategies

Keywords: Artificial intelligence, AI in education, Teaching innovation, Personalized learning, Digital transformation, Education.

1. Introduction

In recent years, artificial intelligence has become one of the most influential technologies in education. The rapid development of machine learning, natural language processing, intelligent tutoring systems, and generative AI tools has created new opportunities for improving teaching and learning. Unlike traditional educational technologies, AI systems can analyze data, recognize learning patterns, generate content, provide recommendations, and interact with learners in a more flexible and adaptive manne

The application of AI in teaching is closely associated with the broader process of digital transformation in education. Modern classrooms are no longer limited to textbooks, blackboards, and one-way communication from teachers to students. Instead, teaching activities increasingly involve digital platforms, online resources, interactive learning environments, and data-driven decision-making[1-3].

However, the use of AI in teaching should be approached carefully. Although AI can increase efficiency and support innovation, it also presents challenges related to ethics, reliability, privacy, and educational equity. Therefore, the key question is not whether AI should be used in teaching, but how it should be used responsibly, effectively, and

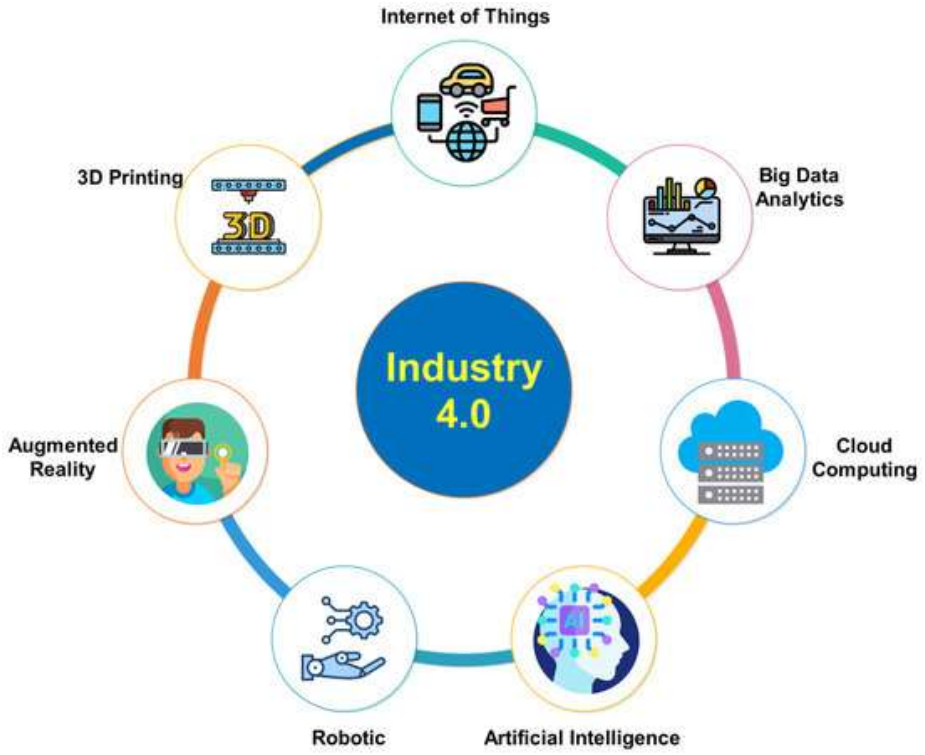


Figure 1. Core solutions and technologies of Industry 4.0.

Artificial intelligence refers to computer systems capable of performing tasks that normally require human intelligence, such as reasoning, problem-solving, language processing, pattern recognition, and decision-making. In the educational context, AI can be understood as the use of intelligent systems to support teaching, learning, assessment, and educational management.

AI in teaching can appear in several forms. Intelligent tutoring systems can provide step-by-step guidance for learners. Adaptive learning platforms can adjust learning content based on students' performance. AI writing tools can support students in improving grammar, structure, and argumentation. Chatbots can answer common questions and provide learning assistance. Data analytics systems can help teachers monitor learning progress and identify students who need additional support[4-5].

The main value of AI in teaching lies in its ability to process large amounts of learning data and provide personalized support. While traditional teaching often applies the same content and pace to all students, AI-based systems can help teachers design more flexible and individualized learning pathways.

2. Applications of AI in Teaching

2.1. Supporting Lesson Planning and Teaching Material Design

One of the most practical applications of AI in teaching is supporting teachers in lesson preparation. AI tools can help generate lesson outlines, learning objectives, classroom activities, discussion questions, quizzes, case studies, and assessment rubrics. This can reduce the time teachers spend on repetitive preparation tasks and allow them to focus more on pedagogical design and student interaction.

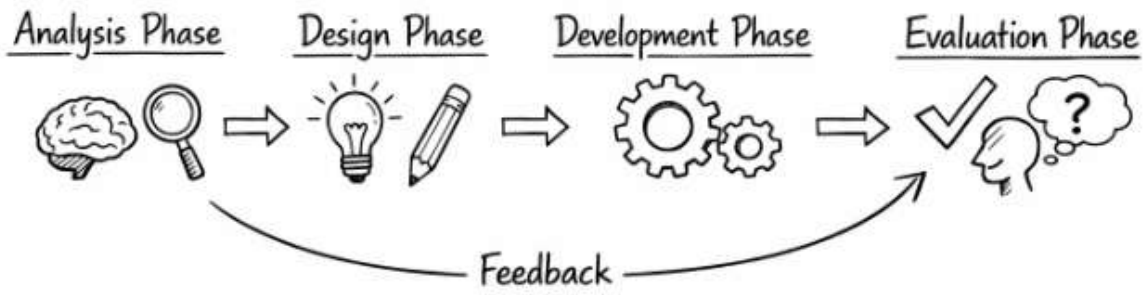


Figure 2. The 4 stages intructional design process [6]

For example, a teacher may use AI to create different versions of the same learning material for students with different levels of ability. AI can simplify complex concepts, provide examples, summarize long texts, or transform academic content into visual explanations. In science education, AI can help generate experiment descriptions, simulation ideas, and problem-solving exercises. In language education, AI can create dialogues, vocabulary exercises, reading comprehension questions, and writing prompts. Nevertheless, AI-generated materials should not be used without teacher evaluation. Teachers must review the accuracy, appropriateness, and pedagogical value of AI-produced content before using it in the classroom.

2.2. Personalizing Learning

Personalized learning is one of the most significant advantages of AI in education. Every student has different learning needs, abilities, interests, and learning speeds. In a traditional classroom, it is difficult for teachers to provide individualized support for all students at the same time. AI can help address this challenge by analyzing students' performance and recommending suitable learning activities.

Figure 3. Components of general personalized learning in higher education environments[7].

For students who have difficulty understanding basic concepts, AI systems can suggest additional explanations, remedial exercises, or simpler learning materials. For

advanced students, AI can provide more challenging tasks, open-ended questions, or enrichment activities. This helps create a more inclusive learning environment where students are supported according to their individual needs. Personalized learning also increases students' autonomy. With AI assistance, students can review lessons, ask questions, practice exercises, and receive feedback outside classroom hours. As a result, learning becomes more flexible and continuous.

2.3. Providing Immediate Feedback

Feedback plays an essential role in effective learning. Traditional feedback is often delayed because teachers need time to review assignments and provide comments. AI can support this process by giving immediate feedback on quizzes, writing assignments, pronunciation, coding tasks, or problem-solving exercises.

For example, AI writing assistants can identify grammar errors, suggest better sentence structures, and provide comments on clarity and coherence. In mathematics, AI systems can detect mistakes in problem-solving steps and guide students toward the correct method. In language learning, speech recognition tools can help students improve pronunciation and fluency. Immediate feedback helps students recognize their mistakes early and adjust their learning strategies. However, AI feedback should be considered supportive rather than final. Teachers still play a crucial role in evaluating deeper aspects of learning, such as creativity, critical thinking, reasoning, and emotional development.

2.4. Enhancing Classroom Interaction

AI can also make classroom activities more interactive and engaging. Teachers can use AI tools to generate discussion questions, classroom games, role-play situations, problem-based learning tasks, and real-life case studies. These activities can encourage students to participate more actively in the learning process. AI-powered tools can also support flipped classrooms, blended learning, and project-based learning. Students can use AI to explore background knowledge before class, while classroom time can be used for discussion, collaboration, problem-solving, and teacher guidance. This shifts the role of the teacher from simply transmitting knowledge to facilitating learning and developing students' higher-order thinking skills.

2.5. Supporting Assessment and Learning Analytics

AI can assist teachers in assessment by generating test questions, grading objective tasks, analyzing test results, and identifying common learning difficulties. Learning analytics systems can provide teachers with useful information about student performance, participation, learning progress, and risk of academic failure.

For instance, if many students answer a particular question incorrectly, the teacher can identify that the concept needs to be explained again. If a student repeatedly performs poorly in a specific area, the teacher can provide targeted support. In this way, AI helps teachers make data-informed decisions. However, assessment using AI must be carefully controlled. AI should not be the only basis for evaluating students, especially in tasks that require creativity, ethical judgment, communication, or complex reasoning.

3. Strategies for Effective AI Implementation in Teaching

To apply AI effectively in teaching, several strategies should be considered.

✓ First, schools should develop clear guidelines for AI use. These guidelines should explain when and how students and teachers may use AI, what forms of AI assistance are acceptable, and how AI use should be declared in academic work.

✓ Second, teacher training should be strengthened. Teachers need to understand not only how to use AI tools but also how to evaluate AI-generated content, design AI-supported lessons, and guide students in ethical AI use.

✓ Third, AI should be integrated with sound pedagogy. Technology alone cannot improve education. AI must be used to support clear learning objectives, meaningful classroom activities, and appropriate assessment methods.

✓ Fourth, assessment methods should be redesigned. Instead of evaluating only final products, teachers should assess the learning process, students' reasoning, oral explanations, drafts, reflections, and problem-solving strategies. This can reduce the risk of AI misuse.

✓ Fifth, schools should ensure data privacy and responsible technology management. Student data must be protected, and AI tools should be selected based on safety, transparency, and educational value.

✓ Finally, AI should be used to support, not replace, human interaction. Education is not only about knowledge transmission but also about values, emotions, communication, and social development. These aspects still require the central role of teachers.

4. Conclusions

The integration of AI into teaching represents both an opportunity and a challenge for modern education. On the one hand, AI can help teachers work more efficiently, support differentiated instruction, and provide students with more flexible learning experiences. On the other hand, inappropriate use of AI may weaken students' independent thinking, create ethical problems, and increase educational inequality.

Therefore, the success of AI in teaching depends not only on technology but also on educational philosophy, teacher competence, institutional policy, and ethical awareness. AI should be viewed as a pedagogical partner that enhances human teaching capacity rather than a replacement for teachers. The teacher remains responsible for designing learning experiences, guiding students, evaluating learning quality, and fostering human values.

References

1. Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Center for Curriculum Redesign.

2. OECD. (2021). AI and the Future of Skills. Organisation for Economic Co-operation and Development.

3. UNESCO. (2021). AI and Education: Guidance for Policy-makers. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

4. UNESCO. (2023). Guidance for Generative AI in Education and Research. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

5. U.S. Department of Education. (2023). Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations. Office of Educational Technology.

6. Clark, R. and Woodruff, S. (2000), Building expertise: Cognitive methods for training and performance improvement. Perf. Improv., 39: 43-44. https://doi.org/10.1002/pfi.4140390213.

7. Naseer F, Khan M, Tahir M ...Integrating deep learning techniques for personalized learning pathways in higher education. Heliyon, 2024; 10.

SELECTION OF SPECIALIZED ENDURANCE DEVELOPMENT EXERCISES FOR FEMALE 800-METER CADETS AT THE UNIVERSITY OF FIRE PREVENTION AND FIGHTING

Nguyen Van Tuyen
Faculty of Military, Martial Arts, Physical Education and Sports, University of fire prevention and fighting,
243 Khuat Duy Tien, Thanh Xuan , Ha Noi , Viet Nam

Abstract: Nowadays, as the level of sports competition continues to rise, the training requirements are becoming increasingly high. To achieve good results in the 800-meter run, coaches must use a variety of exercises and competition strategies. Among them, specialized endurance is a crucial factor that determines performance; if cadets lack specialized endurance, their ability to withstand fatigue in extreme conditions will weaken, preventing them from completing the exercises set by the coach. This leads to a decline in competition results. Therefore, developing specialized endurance for female 800-meter cadets is a necessary issue to address in the training process.

Keywords: Selection, exercises, Running, University of Fire Prevention and Fighting.

1. Introduction

In practical training for young female athletics cadets at the University of Fire Prevention and Fighting, we have observed that the speed endurance of female 800-meter cadets does not meet the performance improvement demands set by the University of Fire Prevention and Fighting[1-2]. On the other hand, training for middle-distance running requires the athlete to have both endurance and speed to ensure improved performance. However, through our observations, we see that during middle-distance training, there are often signs of decline and an inability to maintain speed in the final stages of the distance. Additionally, during the 800-meter training, the speed of cadets significantly decreases in the last 200 meters, resulting in unsatisfactory outcomes. The reason is the inappropriate use of exercises, poor content of exercises, and a lack of suitability for the training subjects. Therefore, to enhance performance, researching and applying exercises to develop speed endurance in the training process is of practical significance[3-5].

2. Research methods

To address the research tasks mentioned above, the study employed the following research methods: document analysis and synthesis, interview discussions, pedagogical observation, pedagogical testing, and statistical mathematics methods.

3. Results and Discussion

The selection of specialized endurance development exercises for female 800-meter cadets at the University of Fire Prevention and Fighting was carried out through the following steps:

- Selection through reference materials, pedagogical observation, and direct interviews with athletics coaches.
- Selection through questionnaire interviews.

Specific results:

Through reference materials, pedagogical observation, and direct interviews with athletics coaches, we selected 21 exercises to develop specialized endurance for female athletes running 800m at the Fire Prevention and Fighting University, including:

- Exercise 1: Repeat running (600m x 3 times) with a 5-minute rest, intensity 85-90% of maximum speed, active rest.
- Exercise 2: Repeat running (200m x 3 times) with a 3-minute rest, intensity 85-90% of maximum speed, active rest.
- Exercise 3: Repeat running (500m-300m-100m), intensity 90-95% of maximum speed, rest 6-8 minutes, active rest.
- Exercise 4: Run 100m on a curve x 5 times, intensity 90-95% of maximum speed, rest 5-7 minutes, active rest.
- Exercise 5: Run 400m x 3 times, intensity 90-95% of maximum speed, rest 8-10 minutes, active rest.
- Exercise 6: Speed variation running 1200m (100m fast, 100m slow), intensity 80-85% of maximum speed, 2 sets, rest between sets 7 minutes, active rest.
- Exercise 7: Run 400m fast – 200m slow x 3 times x 3 sets, intensity 75-80% of maximum speed, rest 7-8 minutes, active rest.
- Exercise 8: Run 400m fast – 400m slow x 3 times x 3 sets, intensity 80-85% of maximum speed, rest 8-10 minutes, active rest.
- Exercise 9: Speed variation running 1200m (200m fast and 200m slow) x 3 sets, intensity 80-85% of maximum speed, rest between sets 7 minutes, active rest.
- Exercise 10: Run 200m fast – 200m slow x 5 times x 3 sets, intensity 80-85% of maximum speed, rest between sets 10 minutes, active rest.
- Exercise 11: Run 1500m, intensity 80-85% of maximum speed, performed once.
- Exercise 12: Mixed running (600m – 400m – 300m – 200m – 100m), intensity 80-85% of maximum speed, rest 8’-5’-5’-3’, active rest.
- Exercise 13: Mixed running (200m – 400m – 600m) x 2 sets, intensity 80-90% of maximum speed, rest between sets 10’-12’, active rest.
- Exercise 14: Repeat running (200m – 400m – 600m – 400m – 200m), intensity 85-90% of maximum speed, rest 6’-8’-6’-5’, active rest.
- Exercise 15: Repeat running 200m x 4 times (90% Vmax), rest 6’ + 400m x 2 times (85%-90% of maximum speed) rest 8’, active rest.
- Exercise 16: Mixed running of decreasing distances (600m – 400m – 200m – 100m) x 2 sets, rest period 8’-6’; (600m – 400m) at maximum speed – (200m – 100m) at 85% of maximum speed, rest period 3’-4’, rest between sets 12’, active rest.
- Exercise 17: Run 3000m, intensity 70-75% of maximum speed, performed once.

- Exercise 18: Repeat set (100m x 8-10 times) + set (200m x 8-10 times) at 75%-80% of maximum speed, rest period 1'-2', between sets 8'-10', active rest.

- Exercise 19: Repeat circular set (100m x 8-10 times) + set (200m x 8-10 times) at 75%-80% of maximum speed, rest period 1'-2', between sets 8'-10', active rest.

- Exercise 20: Repeat (300m – 500m) x 3-5 times x 2 sets, intensity 85%-90% of maximum speed, rest period 3'-9', active rest.

- Exercise 21: Run 5000m, intensity 65-70% of maximum speed, performed once.

To select the most suitable exercises for training the development of specialized endurance for the research subjects, the project conducted interviews with coaches, experts, and teachers currently working in teaching and athletics coaches nationwide. A total of 35 questionnaires were distributed, and 32 ones were returned.

The content of the interview was to select exercises and arrange them into three levels:

Priority 1: Very important

Priority 2: Important

Priority 3: Not important

We will select exercises that receive at least 50% of the total opinions rated as very important or higher to develop specialized endurance for female 800m running athletes at the University of Fire Prevention and Fighting.

The results are presented in Table 1:

Exercise	**Interview results by priority level**					
	Very important		**Important**		**Not important**	
	m_i	**%**	**m_i**	**%**	**m_i**	**%**
Exercise 1	18	56.25	8	25.00	6	18.75
Exercise 2	12	37.50	7	21.88	13	40.63
Exercise 3	17	53.13	9	28.13	6	18.75
Exercise 4	19	59.38	5	15.63	8	25.00
Exercise 5	20	62.50	6	18.75	6	18.75
Exercise 6	15	46.88	3	9.38	14	43.75
Exercise 7	21	65.63	8	25.00	3	9.38
Exercise 8	19	59.38	9	28.13	4	12.50
Exercise 9	14	43.75	4	12.50	14	43.75
Exercise 10	20	62.50	8	25.00	4	12.50
Exercise 11	15	46.88	9	28.13	8	25.00
Exercise 12	19	59.38	5	15.63	8	25.00

Exercise 13	20	62.50	7	21.88	5	15.63
Exercise 14	18	56.25	9	28.13	5	15.63
Exercise 15	19	59.38	6	18.75	7	21.88
Exercise 16	21	65.63	7	21.88	4	12.50
Exercise 17	13	40.63	8	25.00	11	34.38
Exercise 18	18	56.25	11	34.38	3	9.38
Exercise 19	21	65.63	4	12.50	7	21.88
Exercise 20	17	53.13	9	28.13	6	18.75
Exercise 21	13	40.63	2	6.25	17	53.13

Table 1 shows that according to the established interview principles, we selected 15 exercises to develop endurance for female 800m running athletes at the University of Fire Prevention and Fighting. Specifically, they include:

- Exercise 1: Repeat running (600m x 3 times) with a rest of 5 minutes at an intensity of 85-90% Vmax, active rest.
- Exercise 2: Repeat running 500m-300m-100m, intensity 90-95% Vmax, rest 6-8 minutes, active rest.
- Exercise 3: Run 100m on a curve x 5 times, intensity 90-95% Vmax, rest 5-7 minutes, active rest.
- Exercise 4: Run 400m x 3 times, intensity 90-95% Vmax, rest 8-10 minutes, active rest.
- Exercise 5: Run 400m fast – 200m slow x 3 times x 3 sets, intensity 75-80% Vmax, rest 7-8 minutes, active rest.
- Exercise 6: Run 400m fast – 400m slow x 3 times x 3 sets, intensity 80-85% Vmax, rest 8-10 minutes, active rest.
- Exercise 7: Run 200m fast – 200m slow x 5 times x 3 sets, intensity 80-85% Vmax, rest between sets 10 minutes, active rest.
- Exercise 8: Mixed running (600m – 400m – 300m – 200m – 100m), intensity 80-85% Vmax, rest 8’-5’-5’-3’, active rest.
- Exercise 9: Mixed running (200m – 400m – 600m) x 2 sets, intensity 80-90% Vmax, rest between sets 10-12 minutes, active rest.
- Exercise 10: Repeat running (200m – 400m – 600m – 400m – 200m), intensity 85-90% Vmax, rest 6’-8’-6’-5’, active rest.
- Exercise 11: Repeat running 200m x 4 times (90% Vmax), rest 6’ + 400m x 2 times (85%-90% Vmax) rest 8 minutes, active rest.
- Exercise 12: Mixed running with decreasing distances (600m – 400m – 200m – 100m) x 2 sets, rest 8’-6’; (600m – 400m) with (200m – 100m) at 85% Vmax, rest 3’-4’, rest between sets 12 minutes, active rest.

- Exercise 13: Repeat set (100m x 8-10 times) + set (200m x 8-10 times) at 75%-80% Vmax, rest between repetitions 1'-2', between sets 8'-10', active rest.

- Exercise 14: Repeat running on a curve set (100m x 8-10 times) + set (200m x 8-10 times) at 75%-80% Vmax, rest 1'-2', between sets 8'-10', active rest.

- Exercise 15: Repeat running (300m – 500m) x 3-5 times x 2 sets, intensity 85%-90% Vmax, rest 3'-9', active rest.

The remaining exercises with the evaluation opinions at a very important level less than 50% of the total interview opinions were eliminated according to the established principles. Specifically, they include:

- Exercise 1: Repeat 200m x 3 times with a 3' rest, intensity 85-90% Vmax, active rest.

- Exercise 2: Speed variation running 1200m (100m fast, 100m slow), intensity 80-85% Vmax, x 2 sets, 7 minutes rest between sets, active rest.

- Exercise 3: Speed variation running 1200m (200m fast and 200m slow) x 3 sets, intensity 80-85% Vmax, 7 minutes rest between sets, active rest.

- Exercise 4: Run 1500m, intensity 80-85% Vmax, performed once.

- Exercise 5: Run 3000m, intensity 70-75% Vmax, performed once.

- Exercise 6: Run 5000m, intensity 65-70% Vmax, performed once.

4. Conclusions

Based on theoretical and practical foundations, 15 exercises have been selected to develop specialized endurance for female 800m running cadets at the University of Fire Prevention and Fighting.

References

1. Le Buu, Duong Nghiep Chi, & Nguyen Hiep. (1983). *Theory and Methods of Sports Training*. Department of Sports and Physical Training.

2. Le Buu, & Nguyen The Truyen. (1991). *Theory and Methods of Youth Sports*. Sports Publishing House.

3. Nguyen Dai Duong, et al. (2006). *Athletics Textbook*. Sports Publishing House.

4. Trinh Trung Hieu, & Nguyen Sy Ha. (1994). *Sports Training*. Sports Publishing House.

5. Vu Dao Hung, & Nguyen Mau Loan. (1997). *Theory and Methods of Physical Education*. Education Publishing House.

РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКЛАДАННЯ ЕПІДЕМІОЛОГІЇ ТА ПРИНЦИПІВ ДОКАЗОВОЇ МЕДИЦИНИ: ВИКОРИСТАННЯ ДОДАТКІВ GOOGLE ДЛЯ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

Алієв Руфат Бахтіярович
доктор філософії з медицини, доцент
доцент кафедри внутрішньої медицини №1
Донецький національний медичний університет, Україна

Шаповалова Анна Сергіївна
доктор філософії з медицини, доцентка
доцентка кафедри внутрішньої медицини №1
Донецький національний медичний університет, Україна

Бондаренко Дар'я Іванівна
Здобувач вищої освіти
Донецький національний медичний університет, Україна

Актуальність. Сучасна медична освіта вимагає не лише передачі теоретичних знань, а й формування навичок швидкого аналізу великих масивів даних, що є критично важливим для епідеміології та принципів доказової медицини. В умовах частих переходів на дистанційну та змішану форми навчання через безпекові виклики в Україні, гостро постає питання забезпечення безперебійності освітнього процесу. Традиційні методи навчання часто не встигають за динамікою епідемічного процесу та оновленням клінічних протоколів. Інструменти Google Workspace for Education пропонують доступні, безкоштовні та кросплатформені рішення, які дозволяють інтегрувати принципи епідеміології та принципи доказової медицини безпосередньо в освітнє середовище, забезпечуючи високу інтерактивність та командну роботу студентів незалежно від їхнього місця перебування [4, 6].

Мета. Обґрунтувати та продемонструвати ефективність використання екосистеми додатків Google (Classroom, Forms, Sheets, Jamboard/Meet) для покращення якості викладання епідеміології та принципів доказової медицини, а також забезпечення стійкості навчального процесу.

Матеріали та методи. У дослідженні проаналізовано досвід впровадження хмарних сервісів Google у навчальний процес студентів-медиків при вивченні курсу «Епідеміологія та принципи доказової медицини». Основними інструментами аналізу були:

Google Classroom — як центральний хаб для структуризації матеріалів, де розміщувалися посилання на бази доказової медицини (Cochrane Library, PubMed);

Google Forms — для проведення вхідного контролю знань та швидких опитувань щодо оцінки ризиків у епідеміологічних вогнищах;

Google Sheets — для відпрацювання практичних навичок розрахунку показників (захворюваність, летальність, відносний ризик, відношення шансів);

Google Meet та Jamboard — для проведення інтерактивних семінарів та візуалізації епідеміологічних ланцюгів у реальному часі.

Методи включали педагогічне спостереження, аналіз успішності студентів та анкетування щодо задоволеності цифровим форматом навчання.

Результати та обговорення. Впровадження Google-сервісів дозволило реалізувати модель «навчання через практику». Зокрема, використання Google Sheets виявилося найбільш ефективним при вивченні розділу «Епідеміологічний метод дослідження, його структура і зміст. Епідеміологічна діагностика. Система епідеміологічного нагляду». Студенти отримували «сирі» дані про спалахи інфекційних захворювань і самостійно будували динамічні графіки, проводили ранжування територій та розраховували статистичну значущість результатів [2]. Це дозволило відійти від сухої теорії до моделювання реальної діяльності лікаря-епідеміолога. В контексті доказової медицини, використання Google Docs для спільної роботи дало змогу групам студентів одночасно проводити критичну оцінку наукових статей за чек-листами (наприклад, CASP). Викладач мав можливість у режимі реального часу редагувати коментарі студентів, виправляючи помилки в інтерпретації значень p-value або довірчих інтервалів [8]. Google Forms забезпечили миттєвий фідбек. Результати тестувань, які автоматично генеруються у вигляді діаграм, обговорювалися одразу після виконання, що дозволяло акцентувати увагу на складних питаннях (наприклад, відмінностях між скринінговими та діагностичними тестами) [5].

Модель безперебійного освітнього циклу на базі хмарних сервісів:

1. Етап підготовки: Викладач завантажує базу доказових даних у *Google Classroom*.
2. Етап взаємодії: Студенти опрацьовують дані через *Google Sheets/Docs* (можливість роботи офлайн при відключенні світла).
3. Етап синхронізації: При появі мережі результати автоматично оновлюються в хмарі.
4. Етап контролю: Автоматизоване тестування через *Google Forms* із миттєвим аналізом типових помилок.

Важливим аспектом стала мобільність. Додатки Google працюють на будь-яких смартфонах, що критично в умовах відключень світла або перебування студентів у сховищах. Можливість офлайн-редагування документів забезпечила безперебійність: студент виконує завдання, а при появі мережі дані автоматично синхронізуються з викладачем [9]. Обговорення результатів впровадження свідчить, що цифрова грамотність студентів зросла на 30%, а рівень засвоєння тем, пов'язаних із розрахунковою епідеміологією, покращився на 15% порівняно з групами, де використовувалися лише паперові носії. Студенти відмітили, що робота з хмарними сервісами робить навчання більш «сучасним» та «професійно орієнтованим» [10].

Висновки.

Використання додатків Google Workspace трансформує викладання епідеміології з пасивного прослуховування лекцій у активний процес аналізу даних та прийняття рішень на основі доказів. Інтеграція Google Sheets та Docs дозволяє формувати у майбутніх лікарів навички критичного аналізу інформації, що є фундаментом доказової медицини. Екосистема Google забезпечує технічну стійкість освітнього процесу в кризових умовах, дозволяючи зберігати високу якість медичної освіти незалежно від зовнішніх обставин. Подальші дослідження мають бути спрямовані на інтеграцію в Google Classroom інструментів штучного інтелекту для персоналізації навчання епідеміології.

Список літератури

1. Bykov, V. Y. (2020). *Digital transformation of the educational environment*. Kyiv: Institute of Information Technologies and Learning Tools.
2. Garrison, D. R., & Vaughan, N. D. (2008). *Blended learning in higher education: Framework, principles, and guidelines*. John Wiley & Sons.
3. Google for Education. (2023). *Higher education solutions: Workspace for Education*. Retrieved from google.com
4. Graham, C. R. (2006). Blended learning systems: Definition, current trends, and future directions. In *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs* (pp. 3-21). Pfeiffer Publishing.
5. Kyrylova, O., & Sidelnikov, P. (2021). Modern approaches to teaching epidemiology in medical universities. *Journal of Medical Education and Development*, 12(2), 45-52.
6. Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., & Baki, M. (2013). The effectiveness of online and blended learning: A meta-analysis of the empirical literature. *Teachers College Record*, 115(3), 1-47.
7. Ruiz, J. G., Mintzer, M. J., & Leipzig, R. M. (2006). The impact of e-learning in medical education. *Academic Medicine*, 81(3), 207-212.
8. Sackett, D. L., Rosenberg, W. M., Gray, J. M., Haynes, R. B., & Richardson, W. S. (1996). Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *BMJ*, 312(7023), 71-72.
9. UNESCO. (2022). *Guidance for digital learning in higher education*. Paris: UNESCO Publishing.
10. Vlasova, O. V. (2022). Challenges and opportunities of distance learning in medical epidemiology. *Ukrainian Scientific Medical Youth Journal*, 130(1), 88-94.

МОТИВАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ-МЕДИКІВ ЯК КЛЮЧОВИЙ ЧИННИК ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ

Добрянський Дмитро Вікторович
кандидат мед. наук,
доцент кафедри внутрішньої медицини з курсом кардіології та ревматології
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

Дудка Петро Федорович
доктор мед. наук, професор кафедри внутрішньої медицини з курсом кардіології та ревматології Національний медичний університет імені О.О. Богомольця (Київ)

Тарченко Наталія Володимирівна
журналіст

Тарченко Інна Петрівна
кандидат мед. наук, асистент кафедри внутрішньої медицини з курсом кардіології та ревматології Національний медичний університет імені О.О. Богомольця (Київ)

Молоді роки, на які припадає студентство більшості майбутніх медиків, характеризуються низкою психологічних особливостей. Саме в цей період людина активно пізнає себе й через це починає глибше розуміти навколишній світ. Психіка молоді є суперечливою: сором'язливість може поєднуватися з агресивністю, а життєві погляди часто мають крайній і безкомпромісний характер [1]. У цей час індивід приміряє нові соціальні ролі, зростає відчуття відповідальності та самостійності [2].

Для студентів-медиків, від майбутніх рішень яких залежатимуть здоров'я і життя пацієнтів, відповідальність у поєднанні з гуманністю та здатністю до незалежного клінічного мислення є ключовими професійними якостями. Формування цих навичок значною мірою залежить від викладача медичного закладу освіти. Недбале або надмірно рутинне, позбавлене творчості викладання може спричинити розчарування у професії навіть у здібних студентів. Водночас надмірна суворість, авторитарність і низький рівень емоційного інтелекту педагога можуть формувати невпевненість у собі, що негативно впливатиме на майбутню професійну діяльність.

За таких умов особливого значення під час вивчення внутрішньої медицини набуває мотивація навчальної діяльності. Процес мотивації є складним і багатогранним, що підтверджується численними дослідженнями психологів.

У 1956 році американський психолог Бенджамін Блум запропонував модель ефективного навчання, відому як «Таксономія освітніх цілей: когнітивна сфера». Вона має ієрархічну структуру, де навчальні цілі розташовані у вигляді піраміди: знання, розуміння, застосування, аналіз, синтез, оцінка [3]. Для студентів-медиків ця модель є особливо важливою, оскільки забезпечує інтеграцію теоретичних знань із клінічною практикою. Чітке визначення цілей і усвідомлення етапів навчання сприяють ефективному засвоєнню матеріалу.

Іншу ієрархічну модель — «Умови навчання» — розробив Роберт Ганьє. Вона передбачає поступове ускладнення навчального процесу: від простих реакцій на стимул до вирішення складних проблем [4]. Найвищий рівень — вирішення проблем — передбачає використання всього комплексу засвоєних знань і навичок для формування нових підходів. У підготовці майбутніх лікарів це дає змогу застосовувати клінічні кейси та симуляційні методи навчання, формуючи здатність до гнучкого мислення.

Питання мотивації навчання детально досліджено у праці Дейла Х. Шунка, Пола Р. Пінтрича та Джудіт Міс «Мотивація в освіті» [6]. Автори підкреслюють, що навчальна діяльність залежить як від внутрішніх, так і від зовнішніх чинників, а мотивація кожного студента є індивідуальною. Вищий рівень мотивації пов’язаний із більшою активністю, наполегливістю та впевненістю у собі.

Слово «мотивація» походить від латинського movere — «рухатися». Вона визначається як процес ініціювання та підтримання діяльності, спрямованої на досягнення мети. Важливу роль у цьому відіграють когнітивні чинники, зокрема цілі, які можуть змінюватися з часом і визначають спрямованість поведінки.

Однією з проблем є недостатнє розуміння викладачами механізмів підвищення мотивації студентів. У цьому контексті варто згадати теорію Кларка Халла, який стверджував, що ефективність навчання залежить від підкріплення: чим значущішою є винагорода і чим швидше вона надається, тим вищою є мотивація [7].

Висновок. Мотивація є фундаментом навчального процесу та ключовим чинником формування професійної компетентності майбутніх лікарів.

Список літератури:

1. Євстафієва Л.М. Психологічні чинники становлення життєвої стратегії у сучасної молоді. *Проблеми сучасної психології.* 2012. Вип. 18. 880 ст.

2. Герман Є.О. Соціально-психологічна ідентичність сучасного студента. 2008. URL: https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/dbc081a7-0b90-42c2-9f46-d42cff1e6c70/content

3. Bloom, B.S. Taxonomy of educational objectives. 1956. URL: https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/PPP242/Benjamin%20S.%20Bloom%20-%20Taxonomy%20of%20Educational%20Objectives%2C%20Handbook%201_%20Cognitive%20Domain-Addison%20Wesley%20Publishing%20Company%20%281956%29.pdf

4. Gagne, R. The Conditions of Learning (4th ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston. 1985.
5. Vygotsky, L.S. Mind in Society. Cambridge, Massachusetts London, England. 2021. URL: https://w.pauldowling.me/rtf/2021.1/readings/LSVygotsky_1978_MindinSocietyDevelopmentofHigherPsycholo.pdf.
6. Dale Schunk, Judith Meece, Paul Pintrich. Motivation in Education: Theory, Research, and Applications: Pearson New International Edition. Longman. 2014. URL: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781292055251_A24621767/preview-9781292055251_A24621767.pdf
7. Hull C. L. Principles of Behavior. — NY: Appleton-Century-Crofts, 1943. — 422 p.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИКЛАДАННЯ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ ПРОФЕСІЙНОГО СПРЯМУВАННЯ ЯК ІНОЗЕМНОЇ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ (ФАХОВИЙ НАПРЯМОК- ЕКОНОМІКА)

Мойсеєнко Наталія Григорівна
к.філол.наук, доцент, доцент кафедри граматики англійської мови
ОНУ ім.І.І.Мечникова

Процес глобалізації, що охопив на сучасному етапі всю світову спільноту, привів до формування нових пріоритетів у сферах політики, економіки, культури та освіти. Сучасна Україна, яка знаходиться у стані війни, привертає до себе увагу країн Західної Європи,американського континенту та Сходу. Активізувались ділові, культурні,наукові,освітні,економічні зв'язки між Україною та різними країнами світу,спостерігається міграція українців за межі рідної країни,що сприяє розповсюдженню української мови у ряді країн Заходу і Сходу, у свою чергу, в Україну приїжджають навчатися студенти із різних куточків Земної кулі,а також представники різних сфер економічної та фінансової діяльності , які прагнуть закріпити свій бізнес в Україні. Ці обидві категорії іноземців потребують оволодіння професійною українською мовою в інтенсивному режимі. Принципи їх навчання в цілому ідентичні.

У даній статті ми викладаємо результати дослідження , проведеного на базі ЗВО України на факультетах економічного спрямування. На таких факультетах студенти - іноземці мають оволодіти знаннями із фахових дисциплін через посередництво не своєї рідної мови , а опираючись на українську мову. До того ж вони прагнуть сформувати навички коректного усного та письмового мовлення,щоб бути спроможними до ділової комунікації. Сучасний фахівець з економіки повинен вміти працювати з економічною літературою, здобувати необхідну інформацію з україномовних газет, журналів, наукових джерел ,володіти навичками аудіювання, вільного усного та письмового спілкування. Таким чином, об'єктивно, на початку 21 століття постає питання про необхідність внесення змін у програми з вивчення іноземних мов, у тому числі і української як іноземної,на економічних факультетах вищих навчальних закладів, вони спрямовуються на прагматичні потреби майбутніх фахівців, стають більш професійно орієнтованими. Сьогодні вони базуються на компетентнісному підході, який передбачає розвиток таких компетенцій, як лінгвістичної, мовленнєвої, соціально-політичної, інформаційної, соціокультурної, загальноосвітньої [1, с. 32].

Аналіз спеціальної літератури та експериментальні дослідження дають змогу дійти таких висновків щодо шляхів досягнення зазначеної вище мети:

1. Варіативність граматичних конструкцій, лексичних (та їх різновиду термінологічних) одиниць є лімітованою у вузькоспеціальному економічному

тексті. Це дає змогу поступово звести зону незнань студента у сфері лінгвістичних та екстралінгвістичних економічних реалій до мінімуму.

2. В умовах дуже обмеженої кількості аудиторних годин, відведених на вивчення української мови професійного спрямування як іноземної на економічних спеціальностях у вищих навчальних закладах (від 2 годин на тиждень до 4 — залежно від спеціальності), існує можливість оптимізувати та інтенсифікувати процес навчання читання оригінального тексту. Час на засвоєння тексту в 5000 знаків скорочувався вдвічі за рахунок таких прийомів:

а) *складання передтекстового поабзацного коментарю.* Виходячи з положення про те, що навчальне читання потребує максимально повного та точного розуміння інформації, що міститься в тексті, а також її критичного переосмислення, уявляється необхідним навести повний граматичний опис тексту, лінгвокраєзнавчі пояснення, пояснення економічних понять, переклад складних для розуміння словосполучень, фразеологічних єдностей, термінів, щоб максимально полегшити роботу студентів. Усі зазначені пояснення доцільно розташовували в тексті перед кожним наступним абзацом у вигляді передтекстового поабзацного коментарю;

б) *використання післятекстових вправ на активізацію нового матеріалу.* Найбільш ефективними післятекстовими вправами, що сприяють активізації знань лексики, виявились такі: пошук відповідних еквівалентів у рідній та відомих іноземній мовах, переклад речень з активною лексикою з української мови на рідну(або відому іноземну) і навпаки, підбір правильного перекладу (визначення) певного терміна, використання активного словника у власних повідомленнях за тематикою тексту. Наступні вправи здаються найбільш ефективними для засвоєння граматичних конструкцій: знайдіть у тексті речення, що мають зазначене граматичне явище, перекладіть їх на рідну мову(або відому іноземну). Складіть свої власні речення із зазначеною граматичною конструкцією. Підстановочні вправи та вправи на розкриття дужок;

в) серед виконаних *вправ на пошук необхідної інформації* найбільш продуктивними виявились такі: випишіть з тексту слова та словосполучення, що відповідають ключовим поняттям тексту, складіть план тексту; поставте якомога більше запитань до тексту, сукупність відповідей на які буде становити собою короткий переказ тексту, знайдіть серед своїх питань такі, що є найважливішими для розкриття проблематики тексту;

г) робота з навчального типу читання оригінального тексту завершується *складанням доповіді* за тематикою тексту з використанням активної лексики та грамматики[2, с. 107].

Навчання письмовому мовленню включає мовленнєві вправи для навчання складання письмової доповіді, письмово-мовленнєвих вправ у процесі роботи із друкованим текстом, письмово-мовленнєві вправи, обумовлені процесом читання, аудіювання, усного спілкування[3, с. 123].

У випадку із студентами економічних спеціальностей етап навчання письму та орфографії націлене на засвоєння правильного написання нових лексичних одиниць. Ця навичка може тренуватися за допомогою наступних вправ:

випишіть із тексту слова, що позначають дію, указують на конкретні та абстрактні поняття, виділіть у тексті та випишіть незнайомі терміни, дайте їх пояснення, виправте помилки у орфограмах, трансформуйте письмово слова та речення із однієї форми в іншу згідно із зразком або правилом, вирішіть кросворд, напишіть диктант або диктант-переклад(при використанні відомої іноземної мови), дайте письмову відповідь на запропоновані запитання, розкрийте скобки у реченні, підставте слова, словосполучення та елементи речень у пропуски, об'єднайте роз'єднані репліки діалогу та речення, запишіть у формі єдиного, логічного тексту.

Таким чином, правильно організована структура курсу «Українська мова професійного спрямування як іноземна» дає змогу інтенсифікувати процес навчання іноземних студентів ЗВО України економічних спеціальностей.

Список використаної літератури

1. Голубенко Л. Н., Панченко М. А., Коляда В. П. *Оновлення цілей викладання іноземних мов у XXI ст.* : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції з питань методики викладання іноземних мов пам'яті проф. В. Л. Скалкіна, 15 — 16 лютого 2007року. Одеса, 2007. С. 23 — 34.

2.Муха Л. С. *Психологічний аспект процесу навчання англомовному читанню.* Наукові записки міжнародного гуманітарного університету. Одеса, 2007. №6. С. 105 — 108.

3.М’ясоїд Г.І .Навчання написанню тез доповідей наукової конференції . *Вісник Чернігівського державного педагогічного університету ім.Т.Г.Шевченка. Чернігів* :ЧДПУ. №63. С.122-125.

НАВЧАННЯ НА 2-МУ КУРСІ ТА СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНА АДАПТАЦІЯ СТУДЕНТІВ

Міхєєв Андрій Олександрович,
к. біол. н., доцент кафедри мікробіології, вірусології та імунології
Буковинського державного медичного університету, м. Чернівці

Медична освіта у закладах вищої освіти повинна постійно оновлюватися та зважати на глобальні тенденції і зміни в медичній науці та практиці. На сьогодні українське суспільство та освіта перебувають у скрутному становищі через повномасштабну війна, порушення цілісності держави, чисельні людські втрати, вимушену міграція, втрату житла, родини та нормального життя, а це суттєво відображається на стані сучасної молоді [1]. Це призводить до психічних чи фізичних втрат, відчуття страху, розгубленості, поглиблення труднощів адаптації до нових умов життя [2, 3]. Внаслідок цього спостерігається зростання тривожних настроїв у суспільстві, страх, розчарування та дезадаптацію. Стрес за умов війни впливає на емоційний та психологічний стан людей, зокрема студентів та супроводжує тривалий час, впливаючи на хід адаптації до змінених умов життя або навчання [4, 5].

Проблема соціально-психологічної адаптації майбутніх фахівців перебуває у центрі уваги науковців через потребу суспільства в компетентних та конкурентоспроможних працівників, що швидко адаптуються до умов суспільства, не відчуваючи дискомфорту чи конфлікту з ним. Соціальна адаптація студентів до навчального процесу є основою їхнього подальшого становлення та розвитку для досягнення професійного та особистого успіху. Вона включає не лише адаптацію до нових умов навчання та здобуття знань, а й до нового соціального середовища, нових умов життя та загалом до життя під час війни [6]. Це пов’язане з тим, що ефективність підготовки майбутніх кадрів вимагає особливих умов, у яких би майбутній фахівець почував себе впевнено й комфортно. Проте, часом у вищому навчальному закладі студентів переслідує певний дискомфорт, що може закінчитись або відрахуванням або небажанням вчитися [7]. І хоча найчастіше це зумовлено відсутністю можливості пристосовуватися до умов навчання, проживання у гуртожитку, відсутністю адекватної соціальної та психологічної допомоги, на сьогодні головним чинником виникнення стресу і проблем із ним пов’язаних є війна [8].

Під адаптацією до навчання у ЗВО розуміється безперервний процес активного пристосування до нових умов соціального середовища, змін характеру особистісних зв’язків, відносин між студентами у групі та з викладачами, тощо [9]. На початку навчання студент «отримує» нову соціальну роль та вступає в суттєвий по часу період професійного самовизначення і побудови кар’єри. Відповідно, процеси адаптації реалізуються як тривала у часі соціалізація особистості в нових змінних соціальних умовах. Тому для закладу вищої освіти важливо створити умови для успішної адаптації студентів з метою збереження

контингенту, забезпечення якості професійної підготовки та унеможливити такі явища як вигорання чи бажання покинути навчання [10]. Тобто, потрібна соціально-психологічна адаптація студентів, насамперед, молодших курсів до умов навчання.

Під соціально-психологічною адаптацією розуміється здатність людини пристосовуватися до різних вимог соціального середовища без відчуття внутрішнього дискомфорту та конфлікту з ним [11]. Успішно адаптований студент активно включається у нове соціальне середовище, навчальний процес, систему відносин. Від нього вимагаються певні вміння та готовність психологічно «підлаштовуватися» до оточуючих, проявляти розуміння та поступливість, часом – стримувати певні емоції.

Адаптація студентів до навчання у медичних ЗВО має свої особливості: у нових соціальних умовах необхідні нові способи поведінки [12, 13]. Цей процес довготривалий, часто пристосування може викликати перенапругу, як на психологічному, так і на фізіологічному рівнях, що у результаті призводить до зниження активності [14]. Власне сам період адаптації до навчання в останні роки став більш хворобливим, що зумовлено війною, постійним стресом, невизначеністю та швидким ритмом життя [15]. Для молодих людей цей період часто характеризується, з одного боку, виходом з-під батьківської опіки, з іншого боку – відсутністю почуття безпеки й психологічної захищеності, а часом і завтрашньому дні [16]. Будь-який студент у процесі навчання намагається не тільки самоствердитися, але й само реалізуватися в новому для нього колективі і опанувати майбутню професію [17].

Тому вивчення основних показників соціально-психологічної адаптації студентів різних курсів закладів вищої освіти є актуальним питанням. І воно стосується всіх без виключення ЗВО та всіх курсів навчання – від першого до останнього. Особливо це актуально для вищих медичних навчальних закладів, де специфіка майбутньої професій покладає на студентів як велику відповідальність, так і величезний обсяг знань, умінь, компетенцій.

Мета дослідження – визначити та охарактеризувати основні показники соціально-психологічної адаптації у студентів різних спеціальностей і факультетів Буковинського державного медичного університету м. Чернівці, які навчаються на 2-му курсі.

Матеріал і методи дослідження. Для дослідження було проведено опитування 58 студентів (по 1 академічній групі) різних спеціальностей («медицина», «медична психологія», «стоматологія» та «фармація») і факультетів БДМУ (медичний, медико-психологічний, медико-фармацевтичний та стоматологічний) віком 19-21 рік, серед яких 13 чоловічої статі (22,41 %) і 45 жіночої (77,59%). Опитування проведене упродовж осіннього та на початку весняного семестру 2025-2026 навчального року, за однакових умов, без попередження щодо тестування та анонімно.

Для опитування нами було використано модифікований варіант багаторівневого особистісного опитувальника «Адаптивність», призначений для вивчення адаптивних можливостей індивіда на основі оцінки деяких

психофізіологічних та соціально-психологічних характеристик, що відображають особливості психічного та соціального розвитку [18]. Його рекомендують для використання з метою вирішення завдань професійного психологічного відбору, психологічного супроводу навчальної та професійної діяльності. Зокрема, це такі показники, як нервово-психічна стійкість, комунікативні здібності, рівень соціалізації, наявність девіантних форм поведінки, а також особистісний потенціал соціально-психологічної адаптації.

Отримані результати та їх обговорення. Практично усі опитані нами студенти 2-го курсу показали достатній для оцінювання й інтерпретації рівень вірогідності відповідей, що дозволило нам адекватно оцінювати отримані результати з високим рівнем їх вірогідності.

Перший показник, який ми оцінювали – нервово-психічна стійкість, що є здатністю людини зберігати психічне здоров'я, функціональність та ефективність у стресових або екстремальних та тривалих несприятливих умовах, поєднує вроджені (тип нервової системи) та набуті людиною якості (навички саморегуляції, досвід), і тим самим забезпечує адаптацію та швидке відновлення після криз. Виявилося, що у майже 15% студентів 2-го курсу незалежно від обраної спеціальності має місце порушення поведінкової регуляції з досить високим рівнем нервово-психічної нестійкості: від вкрай високого рівня нестійкості (4 %) до окремих ознак (12 %). Це може свідчити про низьку або недостатню толерантність студентів до психічних і фізичних навантажень на 2-му курсі, ускладнення адаптації до нових і незвичних умов життєдіяльності, що часом супроводжується тривалим погіршенням функціонального стану організму, зниженням працездатності, і навіть зниженням успіхів у навчанні. Водночас, для більшості студентів різних спеціальностей (біля 85 %) притаманний або середній (40 %) або високий (45 %) показники нервово-психічної стійкості. Для таких особистостей притаманними є: здатність не знижувати якість діяльності за впливу стресових ситуацій, здатність пристосовуватися до нових, часом важчих умов життя, долати труднощі, зберігаючи особистісну цілісність, а за умов війни – ще й відсутність страху та спроможність до адаптації та відновлення в умовах тривалої загрози.

Наступний показник – комунікативні здібності студентів. За цим показником опитані нами студенти розподілилися наступним чином – від низького рівня до достатньо високого (1,72 - 34,48%).

За рівнем комунікативності студенти 2-го курсу різних спеціальностей приблизно у половині випадків (56,89 %) мають недостатній рівень комунікативності (низький або задовільний), у другої половини – рівень комунікативності відносно непоганий (від середнього до достатньо високого). Це може вказувати на те, що половина другокурсників будуть мати певні труднощі у формуванні чи побудові міжособистісних контактів з оточуючими (одногрупники чи викладачі), мають недостатній рівень здатності до корегування своєї поведінки, часом схильні до конфліктів та навіть завищеної самооцінки. Водночас, друга половина опитаних нами студентів 2-го курсу цілком адекватно та швидко адаптуються до умов колективу, у т. ч. «нового» для

них, у спілкуванні не конфліктні та самокритичні з адекватною корекцією поведінки.

Далі ми оцінювали рівень соціалізації студентів 2-го курсу, що є довічним процесом входження в суспільство, засвоєння соціального досвіду, культурних норм, цінностей та ролей, необхідних для успішного життя та взаємодії. Соціалізація забезпечує формування особистості, адаптацію до соціуму та передачу досвіду від покоління до покоління та вказує на спрямованість опитаних нами респондентів на загальноприйняті норми та правила поведінки у суспільстві.

Біля 24 % усіх опитаних нами другокурсників мають низький та недостатній рівень соціалізації, що може проявлятися у недотриманні загальноприйнятих норм та правил, переважанням власного «Я» над інтересами групи чи колективу, часом досягнення власних інтересів йде у розріз чи протиріччя із загальною думкою чи нормою. Біля 51 % усіх опитаних студентів мають досить задовільний рівень соціалізації, а майже 11 % студентів – достатній рівень. Це виявляється у дотриманні ними загальноприйнятих і соціально ухвалених норм поведінки, здатності притримуватися «корпоративних» вимог у діяльності, злагодженій груповій роботі.

Наступний показник, що свідчить про особливості соціально-психологічної адаптації студентів на 2 році навчання у медичному виші є схильність до відхилень поведінки та правопорушень, тобто девіантна поведінка. У переважній своїй більшості девіантна поведінка стосується вчинків особистості, що суперечать загальноприйнятим у суспільстві моральним, правовим чи соціальним нормам. Може проявлятися у порушенні правил, асоціальних діях або відхиленні від норм психічного здоров'я як у негативному форматі – злочинність, залежності, так і позитивному, коли творчість виходить за межі.

Проведене нами анкетування показало, що у 82 % студентів 2-го відсутні ознаки девіантної поведінки. Це вказує на орієнтацію даними студентами на дотримання соціально ухвалених норм поведінки, раціональну побудову міжособистісних взаємостосунків з однолітками, колегами по групі, викладачами, а також відсутність ознак агресивної поведінки відносно оточуючих. Лише у 6 % було встановлено наявність окремих ознак девіацій поведінки – окремі прояви агресивної реакції на зауваження одногрупників чи викладача, схильність до конфліктів та недотримання соціально прийнятних норм поведінки.

Останній, інтегральний показник, який ми оцінювали – особистісний потенціал соціально-психологічної адаптації. В цілому комплекс внутрішніх ресурсів, психічних якостей та здатностей людини, що забезпечують успішне пристосування до змінних умов життя, професійної діяльності та соціального середовища та включає енергію самореалізації та стійкість до стресів. Цей потенціал дозволяє людині ефективно взаємодіяти з середовищем, активно впливаючи на нього, а не лише пасивно пристосовуючись.

Переважна більшість опитаних нами студентів 2-го курсу медичних факультетів (45 чол., 77,59 %), які навчаються у Буковинському державному

медичному університеті мають середній рівень соціально-психологічної адаптації. Особи з цієї групи адаптації можуть мати низьку нервово-психічну стійкість, конфліктні, здатні допускати асоціальні вчинки, часом потребують спостереження у психолога і навіть лікаря (невропатолога чи психіатра).

Приблизно кожен п'ятий з опитаних нами студентів входять у групу із задовільною адаптацією (17,24 %). Для них притаманні ознаки різних акцентуацій, а успішність власне самої адаптації до умов середовища (у нашому випадку – навчання) залежать від самого середовища, оточення, колег чи близьких людей. Вони мають відносно невисоку емоційну стійкість, можуть мати місце прояви агресії та конфліктності. Проте більша частина, а це 77,59%, мають середній рівень, а біля 5,17 % респондентів серед опитаних студентів 2-го курсу мають високу та нормальну адаптацію, що проявляється у легкому пристосуванні до умов діяльності та навчання, вони швидко «входять» у новий колектив чи групу однодумців, не конфліктні, з високою емоційною стійкістю.

Висновки. Частина студентів 2-го курсу (15 %) має девіації поведінкової регуляції з досить високим рівнем нервово-психічної нестійкості, але для більшості студентів (85 %) притаманний середній та високий рівні показників нервово-психічної стійкості. Більше половини опитаних другокурсників при цьому можуть мати труднощі міжособистісних контактів з оточуючими, недостатній рівень здатності до корегування своєї поведінки, часом схильні до конфліктів та завищеної самооцінки. 51 % усіх опитаних мають досить задовільний рівень соціалізації, а майже 11 % студентів – достатній рівень, що проявляється у дотриманні загальноприйнятих і соціально ухвалених норм поведінки, «корпоративних» вимог у діяльності та злагодженій груповій роботі. Анкетування показало, що у 82 % студентів 2-го курсу відсутні ознаки девіантної поведінки і лише для 6 % притаманні окремі ознаки девіантної поведінки. В цілому, результати опитування студентів 2-го курсу показало середній рівень їх соціально-психологічної адаптації.

Список літератури:

1. Білик, Л. В., Камінський, В. В., & Башкірова, Л. М. (2023). Адаптація до глобальних змін і викликів часу медичної освіти України. Академічні візії, (25), 1-13..

2. Stadnik, A. V., Melnyk, Yu. B., Mykhaylyshyn, U. B., & de Matos, M. G. (2023). Peculiarities of the psychological well-being and social adaptation of young students and cadets in wartime conditions. International Journal of Science Annals, 6(1), 22–30.

3. Шупер, В., & Шупер, С. (2022). Оцінка стану соціально-психологічної адаптації студентів середніх курсів вищих навчальних закладів Буковини в умовах війни. Věda a Perspektivy, (12(19)).

4. Сафін, О. (2025). Соціально-психологічна адаптація та мотиви навчально-професійної діяльності здобувачів закладу вищої освіти. Psychology Travelogs, (2), 51–59.

5. Korda, M., Shulhai, A., Shevchuk, O., Shulhai, O., & Shulhai, A.-M. (2025). Psychological well-being and academic performance of Ukrainian medical students under the burden of war: a cross-sectional study. Frontiers in Public Health, 12.

6. Pypenko, I. S., Stadnik, A. V., Melnyk, Yu. B., & Mykhaylyshyn, U. B. (2023). The impact of the war in Ukraine on the psychological well-being of students. International Journal of Science Annals, 6(2), 20–31.

7. Pshuk, N. G., Belov, O. O., Stukan, L. V., Lnytskyi, G. O., & Novitskyi, A. V. (2024). Features of depressive reactions in medical university students in wartime. Reports of Vinnytsia National Medical University, 28(2), 304–308.

8. Yefremenko, V., & Syrovatko, Z. (2024). Impact of the war in the between russia and ukraine 2014-2024 period on the mental and emotional state of students. Scientific Journal of National Pedagogical Dragomanov University. Series 15. Scientific and Pedagogical Problems of Physical Culture (Physical Culture and Sports), 3(175), 15–18.

9. Сікора, Я. (2025). Адаптація як об’єкт наукового дослідження: психолого-педагогічний аналіз. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота», 2(51), 135–139.

10. Calcatin, S., Sinval, J., Lucas Neto, L., Marôco, J., Gonçalves Ferreira, A., & Oliveira, P. (2022). Burnout and dropout intention in medical students: the protective role of academic engagement. BMC Medical Education, 22(1).

11. Pshuk, N. G., Belov, O. O., Stukan, L. V., Ilnytskyi, G. O., Novytskyi, A. V., & Dronenko, V. G. (2023). Some trends of social and psychological maladaptation of medical university students in wartime. Reports of Vinnytsia National Medical University, 27(3), 437–442.

12. Howick, J., Dudko, M., Feng, S. N., Ahmed, A. A., Alluri, N., Nockels, K., Winter, R., & Holland, R. (2023). Why might medical student empathy change throughout medical school? A systematic review and thematic synthesis of qualitative studies. BMC Medical Education, 23(1).

13. Sattar, K., Yusoff, M. S. B., Arifin, W. N., Yasin, M. A. M., & Nor, M. Z. M. (2022). Effective coping strategies utilised by medical students for mental health disorders during undergraduate medical education-a scoping review. BMC Medical Education, 22(1).

14. Liu, Y., & Cao, Z. (2022). The impact of social support and stress on academic burnout among medical students in online learning: The mediating role of resilience. Frontiers in Public Health, 10.

15. Hyseni Duraku, Z., Davis, H., & Hamiti, E. (2023). Mental health, study skills, social support, and barriers to seeking psychological help among university students: a call for mental health support in higher education. Frontiers in Public Health, 11.

16. Huang, X., & Lajoie, S. P. (2023). Social emotional interaction in collaborative learning: Why it matters and how can we measure it? Social Sciences & Humanities Open, 7(1), 100447.

17. Rasulova, N., Nazarova, S., Asadova, G., Otashexov, Z., Mirdadayeva, D., & Yigitalieva, R. (2023). Social and pedagogical foundations of effective adaptation of students to an educational institution. BIO Web of Conferences, 65, 10012.

18. Галян, О. І., & Галян, І. М. (2012). Експериментальна психологія. К.: Академвидав. 400.

СОЦІАЛЬНО-ПЕДАГОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ЖИТТЄВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ДІТЕЙ З ОСОБЛИВИМИ ОСВІТНІМИ ПОТРЕБАМИ

Оріхівська Анна,
здобувачка першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 231 Соціальна робота, спеціалізація «Соціальна педагогіка»,
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка,
Україна

Леся Смеречак,
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри соціальної педагогіки та корекційної освіти
Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка,
Україна

Процес інтеграції дітей з особливими освітніми потребами в сучасне суспільство зумовлює необхідність пошуку ефективних шляхів формування їхньої соціальної компетентності, яка розглядається як складне міждисциплінарне утворення, що вимагає специфічних підходів до навчання та виховання.

Формування соціальної компетентності дітей з особливими освітніми потребами потребує специфічного підходу, зумовленого її комплексною структурою. Дана категорія включає декілька компонентів, серед яких , на наш погляд, доцільно виокремити загальну та спеціальну складові.

Загальна соціальна компетентність, що охоплює сукупність показників когнітивного, мовленнєвого, психологічного та сенсорного розвитку особистості.

Спеціальна соціальна компетентність, яка базується на здатності дитини об'єктивно оцінювати власні можливості та аналізувати різноманітні життєві обставини. Вона передбачає оволодіння навичками пошуку шляхів та можливостей подолання складних життєвих ситуацій, а також опанування прийомів і засобів комунікативної взаємодії як з дорослими, так і з дітьми.

Проведений аналіз окреслених підходів дозволяє констатувати, що основою для формування соціальної компетентності дітей з особливими освітніми потребами є сукупність таких компетентностей:

Комунікативна компетентність передбачає здатність дитини з ООП до ефективного орієнтування в різноманітних мовленнєвих ситуаціях на основі сформованої системи знань, умінь і навичок вербальної та невербальної взаємодії. Дана категорія охоплює неухильне дотримання етикетних норм і правил соціокультурного спілкування, а також готовність до конструктивної та гармонійної співпраці з оточенням.

Мотиваційна компетентність визначається як системне утворення, що базується на сукупності внутрішніх мотивів, потреб та інтересів особистості. Окрім іншого, вона передбачає розвиток мобільності, гнучкості у мінливих (почасти – складних) життєвих обставинах, а також вміння аргументувати індивідуальний вибір і самостійно визначати особистісні ціннісні орієнтири. Особливого значення при цьому набуває здатність дитини до цілепокладання та готовність до змін. Системний розвиток цієї компетентності є вирішальним фактором подальшої успішної самореалізації дитини та її гармонійної інтеграції в соціум.

Громадянська компетентність, що знаходить свій прояв у сформованості ціннісних орієнтирів, повазі до національних традицій, духовного спадку Батьківщини, а також загальнолюдських морально-етичних принципів. В контексті формування цієї компетентності особливо важливим є розвиток навичок конструктивної колективної діяльності, усвідомлення персональної відповідальності за власні вчинки та вияв толерантного ставлення до інтересів інших членів суспільства.

Побутова компетентність дітей з ООП (особливими освітніми потребами) характеризується специфічним змістовним наповненням, що суттєво відрізняє її від аналогічного показника у дітей із нормотиповим розвитком. Пріоритетне значення в межах цієї компетентності має здатність до просторової орієнтації, зокрема в межах закритого приміщення, а також формування естетичних уподобань як чинника гармонізації середовища життєдіяльності.

Важливим складником соціальної компетентності дітей з ООП є здатність до самообслуговування, що реалізується через:

- сформованість гігієнічної культури, що передбачає усвідомлене дотримання правил особистої гігієни та засад здорового способу життя;
- опанування навичок безпечної експлуатації побутових приладів і технічних засобів;
- розвиток прикладних умінь щодо приготування їжі та підтримання належного санітарного стану житлового простору, з обов’язковим акцентом на неухильному дотриманні техніки безпеки.

Економічна компетентність знаходить свій прояв у здатності до раціонального планування та розподілу власного бюджету з належним обґрунтуванням доцільності здійснених витрат. Цей структурний компонент передбачає розвиток уміння дітей з ООП корелювати власні потреби та інтереси з можливостями та прагненнями оточуючих. Окрім фінансового аспекту, дана компетентність охоплює здатність особистості до конкретизації уявлень про різноманітні форми заощаджень, а також усвідомлене та відповідальне ставлення до ефективного використання наявного часового ресурсу.

Інформаційна компетентність характеризується сукупністю умінь і здатностей до ефективного опрацювання різнорівневих потоків інформації, зокрема навчального спрямування. Її формування передбачає опанування методів продуктивної роботи з друкованими джерелами, розвиток навичок

автономного пошуку та інтерпретації даних із застосуванням різноманітних ресурсів.

Особливе значення в межах цієї компетентності має здатність до усвідомленого сприйняття інформаційного контенту та його аналізу, що є необхідною умовою для формування об'єктивної картини світу в дитини з особливими освітніми потребами.

Моральна компетентність знаходить свій прояв у сформованості внутрішньої потреби та здатності дитини з ООП підпорядковувати власну життєдіяльність етичним нормам і правилам, прийнятим у конкретному соціокультурному середовищі. Вона передбачає глибоку інтеріоризацію позитивних ціннісних орієнтацій, що стають субстанцією для відповідальної соціальної поведінки та гармонійної взаємодії дитини з оточенням.

Предметна компетентність характеризується належним рівнем розвитку соціального інтелекту, що забезпечує дитині можливість орієнтування в суспільних процесах та ефективної взаємодії із соціумом. Окрім цього, цей складник охоплює сформованість когнітивних навичок, необхідних для самостійного опанування навчального матеріалу та засвоєння предметних знань у межах освітнього процесу.

Зазначимо, що процес формування соціальної компетентності дитини з особливими освітніми потребами має відбуватися з урахуванням її потенційних можливостей.

Цінною для нашого дослідження є думка сучасних дослідників, які переконані в тому, що «…кожен фахівець, який працює з дитиною з особливими освітніми потребами, має чітко виконувати свою функцію у комплексній підтримці, допомозі, соціалізації, розвитку, забезпечуючи соціально-педагогічний супровід здобувачів з ООП» [2].

Провідну роль у цьому процесі має відігравати соціальний педагог закладу освіти, де навчається та виховується дитина. Робота соціального педагога у цьому аспекті має бути спрямованою на розвиток усіх складових соціальної компетентності, а першочергово – на збереженні здоров'я дитини, свідомого та ціннісного ставлення дитини до свого здоров'я та способу життя [1]. У процесі даного напряму роботи соціального педагога в умовах закладу освіти необхідно дбати про зміцнення здоров'я, формування навичок побутового орієнтування, навичок працювати над собою з метою досягнення життєво важливих цілей, формування свідомого вибору професії, а відтак – готувати дитину до визначення життєвих цілей і перспектив.

Список літератури

1. Абетка соціального педагога / укладач В.В. Волканов. Х. : Вид. група «Основа», 2011. 235 с.

2. Сівак Н.А., Гайдамашко І.А., Казакова Н.В. Соціально-педагогічний супровід дітей з особливими освітніми потребами: етичний аспект. *Педагогічна Академія: наукові записки*, 2025 (21).

ВІЙСЬКОВІ ЗЛОЧИНИ ТА ЇХ ФІКСУВАННЯ В УМОВАХ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

Ступицький Максим Андрійович
аспірант кафедри кримінального процесу криміналістики та експертології
Харківського національного університету внутрішніх справ

Теоретичні розробки сучасних інститутів кримінального процесу необхідно визначити, оцінювати з урахуванням не тільки прогалин, недоліків, подальшого удосконалення, а також процедури та процесуального застосування правової норми, як окремої так у сукупності під час досудового розслідування та судового розгляду.

Особлива увага сьогодні приділяється вченими в галузі кримінального права та процесу під час фіксування кримінальних правопорушень – злочинів, що вчинені в умовах правового режиму військово стану.

Треба звернути увагу на теоретичні розробки збирання, фіксації, оцінки доказів з боку вчених Ю.П. Аленіна, В.В. Вапнярчука, Ю.М. Грошевого, І.В. Гловюк, В.І. Галаган, І.В. Басиста, Ж.В. Удовенко, О.В. Капліної, В.Т. Нор, С.М. Стахівського, В.М. Стратонов, О.Г. Шило, Л.Д. Удалова та ін. [1; 2; 3; 4; 5; 6;7;8; 9; 10].

Новизна включає теоретичні та практичні проблеми основних аспектів фіксації факту вчинення кримінального правопорушення, його закріплення за процесуальною процедурою. Процедура кримінального процесу встановлює процес переходу від факту, у якому зосереджено ймовірність кримінального правопорушення до істини, яка розкриває не тільки елементи матеріального права, а вказує на процесуальні положення фіксації, на підставі чинного кримінального процесуального законодавства, всіх обставин, що підлягають встановленню, а саме час, місце, спосіб, характеристику особи, тощо. Всі елементи процедурного процесу складаються з сукупності процесуальних дій. Саме сторона обвинувачення процесу повинна приймати рішення про перевірку фактів, встановлення доказів які мають правове значення під час досудового розслідування.

Виклад загального матеріалу передбачає розгляд збирання доказів та їх оцінку з боку сторін процес.

Сторона обвинувачення має процесуальні повноваження щодо збирання доказів, їх фіксації та оцінки. Теорія процесу вказує, що докази повинні підтвердити вину тільки у сукупності, визнання вини підозрюваним не може бути визначено як основний доказ обвинувачення. Тільки сторона обвинувачення повинна доказувати вину підозрюваного, який має право не давати показання та свідчити проти себе. Крім того проблема кримінального процесу має ряд не вирішених питань, які за період реформування кримінального процесу звузили повноваження слідчого. Слідчий обмежений низкою

процесуальних дій, які суворо регламентовані процедурою та процесом. Внутрішнє переконання слідчого не може виходити за рамки закону, якщо немає доказів вини, слідчий повинен направити матеріали кримінального провадження до суду. Тільки суддя приймає рішення про закриття кримінального провадження.

Другий аспект включає допомогу опоненту кримінального процесу адвоката, захисника. В основу захисту завжди ставилася позиція презумпції невинуватості підозрюваного. Чинне законодавство надало стороні захисту повноваження участі під час проведення досудового розслідування. Адвокат на підставі своєї ініціативи має право витребувати факти, що підтверджують обставини вчиненого кримінального правопорушення та приймає участь під час встановлення вини підозрюваного. Процедурні та процесуальні повноваження розширили права захисту під час оскарження процесуальних дій або бездіяльності слідчого, прокурора. Право звернення з клопотанням, скаргою до слідчого судді. Тільки слідчий суддя має процесуальні повноваження за результатом проведення судового розгляду встановити причетність факту до предмету доказування та запропонувати слідчому його перевірити.

Правова процедура, що регламентована законом встановлює для слідчого, прокурора, слідчого судді форми доказування. Вона має на мету , що сторони процесу встановлюють кінцеві висновки правосуддя у результаті доказування фактичної дійсності вчинення кримінального правопорушення, вини обвинуваченого.

Процесуальні положення механізму встановлення факту, доказів можна визначити на підставі процесуального статусу сторін процесу, оскільки сторона обвинувачення має повноваження щодо проведення досудового розслідування, встановлення фактичних даних та обставин, які підлягають доказуванню по кримінальному провадженню.

Окремі обмеження процесуального законодавства визначають, що процесуальні повноваження оперативних підрозділів регулюються процесуальним статусом слідчого, прокурора, слідчого судді. Тільки слідчий, прокурор мають право надати оперативним підрозділам письмове доручення на підставі яких вони виконують свої процесуальні права та обов'язки як слідчий. Крім того оперативні підрозділи не мають права здійснювати процесуальні дії у кримінальному провадженні за власною ініціативою або звертатися з клопотаннями до слідчого судді чи прокурора про проведення негласних слідчих (розшукових) дій.

Однак, практика свідчить, що військові злочини, кримінальні правопорушення здійснюються, як правило, декількома підозрюваними, обвинуваченими. Визначення вини можливо встановити під час досудового розслідування, слідчий має процесуальні повноваження визначення обставин на підставі проведення слідчих (розшукових) дій. Крім того слідчий, прокурор приєднують оперативні підрозділи до встановлення підозрюваного, його затримання, проведення слідчих (розшукових) дій. Можна визначити, що

складання постанови про слідчо – оперативну групу завжди надає допомогу у разі проведення досудового розслідування.

Пропонуємо визначити повноваження оперативних підрозділів, як сторони обвинувачення на законодавчому рівні. По-перше, оперативні матеріали, які отримує співробітник оперативного підрозділу можуть бути реалізовані процесуальним шляхом. В даному разі дізнавачу надано право затримувати підозрюваного, проводити його допит, окремі слідчі (розшукові) дії, які закріплюють факт вчинення кримінального правопорушення. Тому не має заперечень, щоб такі дії проводили оперативні підрозділи. По- друге, слідчий отримавши матеріали про вчинення кримінального правопорушення буде мати докази вини підозрюваного. Якщо докази не будуть підтверджені, слідчий має повноваження щодо закриття кримінального правопорушення, якщо він не повідомляв повідомлення про підозру підозрюваному.

Висновок. Розслідування військових злочинів має специфіку, оскільки не завжди слідчий може зафіксувати місце події, його протягом часу може бути знищено, свідки, незабаром виїхали, а їх пошук має труднощі, тощо.

Література

1. Алейнин Ю.П. Уголовно-процессуальный кодекс Украины / Ю.П. Алейнин //. – Одесса. : Одисей, 2003. – 334 с.
2. Вапнярчук В.В. Теорія і практика кримінально процесуального доказування монографія / В.В. Вапнярчук/ Юрайт. 2017. – 408с.
3. Гловюк І.В. Кримінально процесуальні функції: теорія, методологія та практика реалізації на основі положень Кримінального процесуального кодексу України /І.В. Гловюк – Одеса: Юрид. літ. 2015. – 712с.
4. Гмирко В. П. Доказування у кримінальному процесі: діяльнісна парадигма. Теоретичний аналіз. Проблематизація. СТД – репрезентація / В. П. Гмирко. – Дніпропетровськ: Академія митної служби України, 2010. – 314 с.
5. Галаган В. І. Кримінальний процес України : навч. посіб. / Басиста І. В., Галаган В. І., Удовенко Ж. В. – К. : Центр учбової л-ри, 2010. – 352 с.
6. Капліна О.В. Кримінальний процес України: підручник / О.В. Капліна, Ю.М. Грошевой, О.В. Шило. – Х. Юрид. університет. 2013. – 820с.
7. Стахівський С.М. Теорія і практика кримінально-процесуального доказування : монографія /С.М. Стахівський – К. КНУВС. 2005. – 272с.
8. Старатонов В.М. Криміналістична теорія пізнавальної діяльності / В.М. Стратонов//. –Херсон. Видавництво Херсонського державного університету. 2009. – 440с.
9. Шило О.Г. Теоретико прикладні основи реалізації конституційного права людини і громадянина на судовий захист у досудовому провадженні в кримінальному процесі України / О.Г. Шило//. – Харків. : Право. 2011. – 472 с.
10. Удалова Л.Д. Кримінально-процесуальні гарантії діяльності адвоката / Л.Д. Удалова, С.Л. Савицька//. – Київ : КНТ. - 2014. – 169 с.

ASSESSMENT OF THE SENSITIVITY OF DISSIPATION FACTOR MEASUREMENTS TO PARTIAL DISCHARGE GROWTH IN HIGH-VOLTAGE ROTATING EQUIPMENT

Ismayilov Ismayil
Ph.D., student of the Department of Electromechanics
Azerbaijan State Oil and Industry Univrsity

Introduction.

High-voltage (HV) rotating electrical machines are essential components of energy generation and distribution systems, and their reliability depends strongly on the condition of stator insulation. These insulation systems experience combined thermal, mechanical, electrical, and environmental stresses, which gradually change their dielectric characteristics and may cause premature failure [1].

Among these factors, electrical stress is especially harmful because it can initiate partial discharges (PD) inside insulation defects. PD activity speeds up insulation degradation and promotes electrical treeing, which is considered one of the main failure mechanisms of solid dielectrics in HV equipment [2].

Partial discharge (PD) and dissipation factor (DF) are two commonly used diagnostic parameters for insulation evaluation. PD measurement is regarded as an important diagnostic method, as it helps identify the physical processes related to insulation aging and detect developing defects at an early stage [3]. DF, also referred to as loss tangent or tan δ, measures dielectric losses and provides a general indication of insulation efficiency and deterioration.

Previous studies have reported relationships between PD activity, DF values, and other dielectric parameters such as Recovery Voltage (RV). For example, thermal aging has been shown to affect both PD patterns and DF behavior, confirming the connection between these diagnostic indicators [1]. In addition, recent studies have proposed hybrid PD measurement methods combined with UHF and acoustic techniques, mainly for GIS and other static equipment [15]. For rotating machines, simultaneous PD and DF measurements are also used to reduce diagnostic testing time, although some PD detection approaches have been questioned due to reliability limitations unless further improved [4].

Various nondestructive testing (NDT) methods are applied for condition monitoring of HV rotating machines, including visual inspection, insulation resistance testing, tip-up DF analysis, PD measurement, and dielectric spectroscopy [5]. However, despite the availability of these techniques, the relationship between continuous PD activity and changing DF values still requires further experimental verification.

Insulation systems of rotating machines are often evaluated using DF and tip-up measurements, which reflect overall dielectric losses and aging. Nevertheless, these parameters may remain almost unchanged until severe deterioration occurs. PD testing,

by contrast, is highly sensitive to local defects such as voids, delamination, and surface discharges, and is becoming increasingly standardized. Studies [1–2] have shown that PD and DF provide complementary diagnostic information, but direct field-based comparisons remain limited.

This study evaluates the sensitivity of DF and PD measurement results under similar testing conditions, while simplifying existing analysis approaches intended for future generator life expectancy assessment.

Problem Statement.

Dissipation factor (DF) measurement in rotating electrical machines is standardized by IEC 60034-27-3, which specifies allowable limits for tangent delta (tan δ) and tip-up values in motor and generator stator windings. However, these threshold values remain debated. Many end-users regard the limits as relatively relaxed and easily attainable in practice, whereas machine manufacturers argue that the criteria are too strict. According to manufacturers, even properly produced stator coils and bars may not always satisfy these requirements, which may lead to incorrect judgments regarding insulation quality [6].

Moreover, using DF alone as a diagnostic indicator can be misleading, especially under long-term insulation aging conditions. During extended operation, accumulated partial discharge (PD) activity may not cause significant variation in DF values, particularly in the early stages of degradation. Consequently, serious deterioration mechanisms, including electrical treeing or void growth, may remain unnoticed despite an increase in the number or intensity of PD pulses. This limitation emphasizes the need not only to detect PD activity but also to evaluate its behavior and development over time.

Therefore, a more dependable assessment of insulation condition requires a combined diagnostic method. Simultaneous PD and DF monitoring provides complementary information: DF reflects overall dielectric losses and possible moisture ingress, while PD measurements identify localized defects and early aging processes. Interpreting these parameters together allows a more complete and accurate evaluation of insulation integrity.

Within this framework, the present study examines the combined behavior of PD and DF during a two-year monitoring period of one rotating machine, aiming to define diagnostic relationships and improve the reliability of insulation condition assessment.

Measurement techniques.

A. Measurement Techniques for Partial Discharge in Rotating Equipment. PD measurements in high-voltage rotating machines may be carried out using online or offline methods, depending on the diagnostic objective and operational limitations.

Online PD monitoring is an effective approach for assessing stator winding insulation condition while the machine remains in operation [6]. It allows continuous real-time monitoring without shutdown, making it particularly useful for critical machines in industrial facilities and power plants [7].

Under normal operating conditions, PD pulses are detected by High-Frequency Current Transformers (HFCTs) connected to an oscilloscope-based PD monitoring system. These sensors are usually mounted on the machine grounding leads and operate together with coupling capacitors to record transient discharge signals.

Offline PD testing is performed when the equipment is de-energized, under controlled test conditions. In this method, an external HV source applies a high test voltage to the stator winding, while the generated PD pulses are measured using HFCTs, RCs, or coupling capacitors connected to an oscilloscope-based acquisition system.

An essential requirement for offline PD testing is calibration of the measuring system before voltage is applied. Calibration ensures accurate PD magnitude measurement in picocoulombs (pC) and makes the results consistent with international diagnostic standards [8–10].

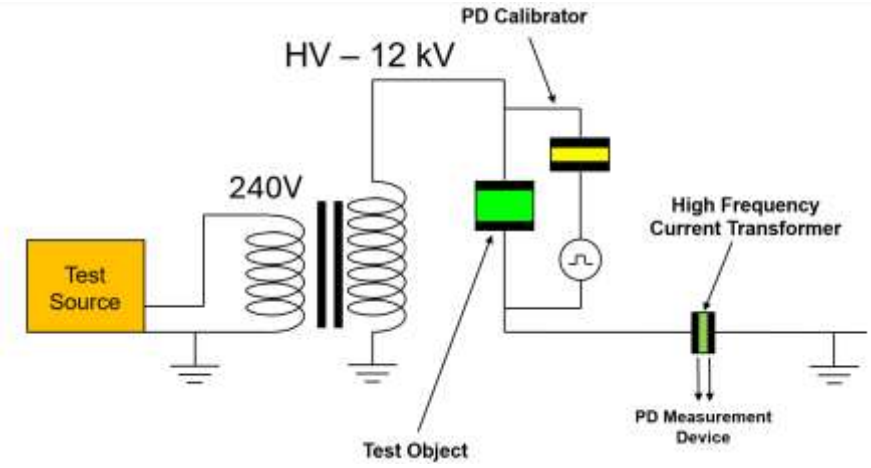


Figure 1. Offline PD measurement system with high frequency current transformers

B. Dissipation Factor Measurement. The dielectric dissipation factor indicates the level of dielectric losses in stator winding insulation. DF measurement is used to evaluate the condition of both new and aged stator winding insulation [7]. In this study, the Omicron CPC100 + CP TD1 + CP CR 600 test set was applied for DF measurements at test voltages up to 12 kV (Fig. 2). The procedure consists of applying the test voltage defined in IEC 60034-27-3 to the stator winding and measuring the insulation dielectric losses. The evaluation of results was also performed according to the requirements of IEC 60034-27-3 [11,12].

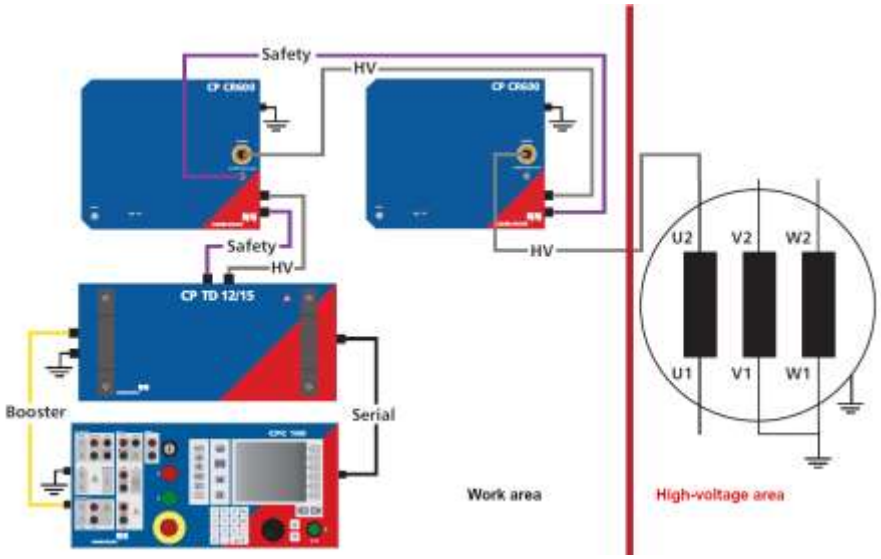


Figure 2. Connection of the dissipation factor measurement system [12]

Measurements on field.

Over the course of two years, annual tests were carried out (once a year) on the same turbine generator under similar ambient conditions. The turbine generator's nameplate data represented below (table 1):

Table 1.
Generator nameplate information

#	Generator Nameplate Data	
	Parameter	***Value***
1	Manufacturer	Siemens
2	Model	SGEN 5 – 100A – 4P
3	Rated Voltage L-L (V)	15000
4	Rated Current (A)	2117
5	Rated Power (MVA)	55
6	Rated Speed (rpm)	1500
7	Rated Power Factor	0.8
8	Rated Thermal Class	F

A: Dissipation Factor Testing on field. The first DF measurements were captured on October 12, 2024. After one year of uninterruptable operation, the generator was retested on October 14, 2025, in accordance with methods stated in [13]. The test involved applying test voltages on industrial frequency incrementally to the stator winding and recording the corresponding DF values (table 2).

Table 2.
Dissipation factor measurement results for 2024 and 2025

Dissipation Factor Measurements				
Test Date:	***12 – October – 2024***		***24 – October – 2025***	
Phase U: Capacitance – 332.221 nF				
Test Voltage L-G (kV) @ 50 Hz	***Dissipation Factor (%)***	***Tip-up Dissipation Factor (%)***	***Dissipation Factor (%)***	***Tip-up Dissipation Factor (%)***
8.66	1.7946	0.0574	2.1240	0.1121
6.93	1.7421	-0.0524	2.0156	-0.1084
5.20	1.6867	-0.0555	1.9211	-0.0945
Phase V: Capacitance – 332.884 nF				
Test Voltage L-G (kV) @ 50 Hz	***Dissipation Factor (%)***	***Tip-up Dissipation Factor (%)***	***Dissipation Factor (%)***	***Tip-up Dissipation Factor (%)***
8.66	1.8013	0.0525	2.0987	0.1153
6.93	1.7517	-0.0496	1.9984	-0.1003
5.20	1.6995	-0.0522	1.9054	-0.0930
Phase W: Capacitance – 334.775 nF				
Test Voltage L-G (kV) @ 50 Hz	***Dissipation Factor (%)***	***Tip-up Dissipation Factor (%)***	***Dissipation Factor (%)***	***Tip-up Dissipation Factor (%)***
8.66	1.8286	0.0543	2.0987	0.1153
6.93	1.7745	-0.0522	1.9984	-0.1003
5.20	1.7202	-0.0543	1.9054	-0.0930

Table 3.
Testing ambient conditions for 2024 and 2025

Ambient Conditions		
Parameter	***12 – October – 2024***	***24 – October – 2025***
Ambient Temperature (C)	22	18
Relative Humidity (%)	69.12	60.81
Atmospheric Pressure (hPa)	1011.32 hPa	1017.48 hPa

Comparison between the 2024 and 2025 results shows that the DF values measured this year indicate gradual insulation deterioration. This condition may not be considered critical if the initially high DF values, which are close to the IEC 60034-27-3 limit of 2% and in some cases exceed it, are disregarded. However, to reach a more accurate conclusion regarding the stator winding insulation condition, a comparative analysis of PD measurements from the same period is required to obtain additional information on the insulation degradation state [14].

B. Offline Partial Discharge Measurements on Field. After the DF measurements, offline PD testing was performed using the Monitra Kronos PD monitoring system with HFCT sensors. The system was calibrated using the CAL1E calibrator at 0.5, 1, 2, and 5 nC. After calibration, a phase-to-ground test voltage of 8.66 kV was applied to the generator. The test results obtained are presented in Table 4:

Table 4.

Partial discharge measurements for 2024 and 2025

Partial Discharge Measurements: 12 – October – 2024		
Phase	*Partial Discharges Magnitude*	
U	Peak PD activity	0.642 nC
V	Peak PD activity	0.766 nC
W	Peak PD activity	0.479 nC
Partial Discharge Measurements: 14 – October – 2025		
Phase	*Partial Discharges Magnitude*	
U	Peak PD activity	2.02 nC
V	Peak PD activity	2.82 nC
W	Peak PD activity	1.42 nC

The PD patterns recorded in 2024 and 2025 correspond to signals associated with early-stage surface discharges and slot-end PD, according to IEC 60034-27-1, *Rotating Electrical Machines – Part 27-1: Off-line partial discharge measurements on the winding insulation* [10].

Comparison of the 2024 and 2025 results show that the discharge type remained unchanged. However, the notable increase in pattern density and the approximately 250% rise in discharge magnitude are significant and require careful evaluation.

Conclusion.

The results clearly demonstrate that dissipation factor measurement has limited sensitivity and is not sufficient as a standalone method for reliable assessment of high-voltage rotating machine insulation. Although partial discharge activity increased significantly, the dissipation factor showed only minor variation, indicating that DF is not sensitive enough to detect the progression of localized insulation defects.

Therefore, DF should not be considered the primary criterion for evaluating insulation condition when partial discharge activity is present. PD measurement provides a more direct and sensitive indication of defect development. For accurate diagnostics and risk evaluation, DF and PD measurements should be applied together, with PD trending serving as a key tool for detecting progressive insulation deterioration before failure occurs.

References

1. M. Farahani, H. Borsi, and E. Gockenbach. "Experience with partial discharge, dissipation factor, and recovery voltage measurements for the evaluation of insulation

systems of high voltage rotating machines". 2002 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, IEEE 2002, pp 454-457.

2. M. Farahani, H. Borsi, E. Gockenbach, A. Bethge, M. Kaufhold and J. Jong, “Investigation on Characterisric Parmeter to Deternine the Actual Status of Insulation System for High Voltage Rotating Machines”, The 9th Intrmational Electrical Insulation Conference, INSUCON 2002, Berlin.

3. S. Jiancheng, Y. Bo, X. Hengkun, “New estimating techniques for multi-strers ageing test of large generator stator winding insulation”. ICPADM 2000, Session p. pp 951-956.

4. P. Mraz, P. Treyer, S. Gonzales, S. Azer. " Simultaneous Dissipation Factor and Partial Discharge Measurement on Rotating Machines – Limitations, Challenges, Solutions". International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, Jeju, South Korea, 2014, CMD 2014.

5. M. Farahani, H. Borsi, and E. Gockenbach, M. Kaufhold. "Partial Discharge and Dielectric Response Behaviour of Insulation Systems for High Voltage Rotating Machines under Electrical Stress". 2004 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, IEEE 2004, pp 271-274.

6. T.K., Nurubeyli, J.I., Zeynalov, G.N., Mammadova, N.E. Imamverdiyev, “İmproving methods for sample preparation of transformer oils by ICP-MS” International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering, vol. 16, № 58, pp. 21–26, 2024,

7. Yuanlin Luo, Zhaohui Li, Hong Wang, “A Review of Online Partial Discharge Measurement of Large Generators”, MDPI Energies, October 2017.

8. IEC 60034-27-3, "Rotating Electrical Machines - Part 27-3: Dielectric Dissipation Factor Measurement On Stator Winding Insulation Of Rotating Electrical Machines", 2015, Geneva, Switzerland.

9. H. Sedding, “Dissipation Factor Acceptance Criteria for Stator Winding Insulation”, 19th Annual Iris Power Conference, June 2016, Scottsdale, Arizona.

10. IEC 60270: “High-voltage test techniques – Partial discharge measurements” 2015, Geneva, Switzerland.

11. T.K., Nurubeyli, A.M., Hashimov, N.E., Imamverdiyev, G.N. Mammadova, “Complex physicochemical analysis of transformer oil parameters using the inductively coupled plasma mass spectrometry technique” Electrical Engineering and Electromechanics, № 2, pp. 79–84, 2025

12. IEC 60034-27-1, "Rotating Electrical Machines - Part 27-1: Off-line partial discharge measurements on the winding insulation", 2017, Geneva, Switzerland

13. IEC 60034-27-2, "Rotating Electrical Machines - Part 27-2: On-line partial discharge measurements on the stator winding insulation of rotating electrical machines", 2012, Geneva, Switzerland

14. OMICRON electronics GmbH “Omicron CP CR600 User Manual” 2019. Klaus, Austria.

15. G.A. Hussain, W. Hassan, F. Mahmood, M. Shafig, H. Rehman, J.A. Key, “Review on Partial Discharge Diagnostic Techniques for High Voltage Equipment in Power Systems” IEEE Access 2023. doi/10.1109/ACCESS.2023.3279355.

16. S. Barrios, D. Buldain, M.P. Comech, I. Gilbert, I. Orue, “Partial Discharge Classification Using Deep Learning Methods—Survey of Recent Progress”, MDPI Energies, June 2019.

17. Yu-chen Liu, Tzu-Yu Liu, Tien-Heng Huang, Kuo-Chuang Chiu, Shih-kang Lin, “Exploring Dielectric Constant and Dissipation Factor of LTCC Using Machine Learning”, MDPI Materials, June 2021.

ARROW, SABRE, AND PLATE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF NOMADIC CENTRAL ASIAN, CHINESE, AND EUROPEAN WARFARE, IV–XV CENTURIES

Izgali Kurmanbek Salamatuly
Master's Student (1st year), Educational Program 7M02188 –Decorative Arts
Zhurgenov Kazakh National Academy of Arts,
Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract

This article compares the military hardware and tactical doctrines of three distinct medieval traditions: the nomadic confederacies of the Eurasian steppe, the successive dynasties of China (Tang through Yuan), and the feudal kingdoms of Western and Central Europe. The comparison spans the period from roughly the fourth to the fifteenth century — long enough to capture the full arc of each tradition before firearms made all of them obsolete. The analysis draws on archaeological finds, contemporary chronicles, and established historiography to argue that weaponry was not simply a product of available technology but of the social and economic conditions in which armies were raised.

1. Introduction

The military encounter between nomadic and sedentary civilisations is one of the oldest recurring problems in world history. [1.12c]For more than a millennium, pastoral confederacies erupting out of the Eurasian steppe repeatedly dismantled states that held every apparent advantage in population, infrastructure, and accumulated wealth. The Huns reached the gates of Rome. The Mongols took Beijing, Baghdad, and Kiev within a single generation. Explaining this disparity requires a close look at what these armies actually carried into battle — and what it cost them, materially and socially, to maintain those arms.

A straightforward inventory of weapons misses the point. The composite bow, the lamellar coat, and the shamshir sabre were not simply tools; they were the product of a lifestyle in which every adult male was, by necessity, a mounted fighter from childhood. The same weapon in different hands produces radically different results, and the same is true of tactical doctrines.[2.47c] Chinese crossbowmen and European longbowmen both shot arrows, but the social institutions behind those weapons could hardly have been more different. This comparative approach is therefore not merely about hardware — it is about the relationship between a society and the way it organises violence.

The article proceeds in four sections. The first three profile each tradition — nomadic steppe, Chinese dynastic, and European feudal — in terms of weapons, armour, cavalry, and tactical thought. The fourth section compares them directly, including a summary table, and draws out the patterns of cross-cultural borrowing that complicate any attempt to draw sharp distinctions.

2. The Nomadic Arsenal of the Eurasian Steppe

2.1 The Composite Bow

The composite reflex bow is probably the most consequential weapon in pre-gunpowder military history, and the steppe nomads brought it to its highest level of development.[3.88c] Built by laminating wood, horn, and sinew, the bow stored far more energy per unit of length than a simple wooden stave — a critical advantage for a mounted archer who could not manage a weapon longer than roughly a metre. Draw weights varied, but a well-made Hunnic or Turkic bow could achieve an effective range of 200 to 300 metres against massed targets, with experienced riders loosing ten to twelve arrows per minute.

The asymmetrical construction — shorter upper limb, longer lower — was not aesthetic. It allowed a horseman to draw on the right side of the horse's neck without the lower limb striking the animal. Composite bows required months of construction and years of seasoning, making them logistically expensive despite appearing simple.[3.91c] A nomadic economy could sustain this cost because the bow doubled as a hunting tool; a sedentary state arming conscript infantry could not, which is why China and Europe both gravitated toward the far cheaper crossbow when they wanted mass ranged fire.

2.2 Melee Weapons and Armour

The sabre — a curved single-edged blade optimised for cutting strokes — replaced the straight sword across the steppe between roughly the seventh and ninth centuries.[4.203c] The geometry of the cut is the key: a curved edge that slides across the target as it contacts it inflicts a longer wound than a straight chop, and — crucially — it does not lodge in bone or armour the way a thrusting blade can. At cavalry speeds, being stuck in a target is a potentially fatal problem.

Steppe armour was functional rather than comprehensive. Lamellar construction — small rectangular plates of bone, rawhide, or iron laced together with cord — offered protection against cutting blows while remaining lighter and cheaper to repair than plate. The laces could be replaced in the field; a shattered iron plate could not easily be reforged on campaign. Wealthier warriors added iron helmets and horse armour (barding), creating a de facto heavy cavalry that functioned as a shock force behind the mobile archer screen.[5.67c]

2.3 Tactical System

The canonical steppe tactic — the feigned retreat — is documented in sources ranging from Byzantine military manuals to Chinese court chronicles to the accounts of Persian historians who witnessed it firsthand.[6.134c] A force of mounted archers would open an engagement with harassing fire, invite a pursuit by appearing to flee, then wheel and attack the now-disordered enemy from multiple directions. The tactic demanded a level of unit coordination that was, paradoxically, easier to achieve in a society where every rider trained together from childhood than in a conscript army assembled from disparate communities.

Logistically, the steppe army was almost frictionless by the standards of the day. Mongol forces in the thirteenth century could sustain marches of 80 to 120 kilometres per day, partly because each rider maintained a string of remounts and subsisted largely

on dried meat and mare's milk.[7.29c] The downside was that the same mobility that made the steppe army lethal in open terrain made it poorly suited for prolonged sieges — a limitation that shaped Mongol strategy well into the consolidation phase of their empire.

3. China: Technology, Standardisation, and Gunpowder

3.1 The Crossbow Tradition

China's military planners regarded the crossbow as the solution to a specific tactical problem: how to produce effective ranged fire from soldiers who had not spent a decade training.[8.55c] A crossbow required perhaps two weeks to learn adequately; a composite bow required years. The institutional consequence was that Chinese armies could field large numbers of competent ranged soldiers without the deep social infrastructure — the pastoral nomadic lifestyle, the lifetime of hunting — that produced steppe archers.

Tang dynasty arsenals standardised crossbow components across the empire, including interchangeable trigger mechanisms, which allowed rapid battlefield repair and simplified logistics.[9.178c] This level of institutional control over armament production had no real parallel in either steppe confederacies or European feudal states, where arms production was decentralised to individuals and workshops. The Chinese approach traded individual excellence for aggregate reliability — a trade that made sense when fielding armies numbered in the hundreds of thousands.

3.2 Gunpowder and Its Early Military Application

The earliest confirmed military application of gunpowder dates to the Tang period, with fire-arrow devices and incendiary bombs documented in the Wujing Zongyao (武經總要) of 1044.[10.312c] The fire-lance (huǒ qiāng) — a bamboo or paper tube packed with a propellant charge and sometimes iron shards — appeared during the Song dynasty and is recognised by most historians as the direct ancestor of the gun barrel. Whether it should be classified as a firearm or an incendiary weapon depends on where one draws the definitional line, but the trajectory of development is clear.

The Song dynasty's incentive to accelerate this development was straightforward: they faced the Jurchen Jin and later the Mongols, adversaries with a decisive advantage in cavalry. Gunpowder weapons offered the possibility of neutralising that advantage at a distance. By the twelfth century, Chinese armies were using cast-iron bomb casings, multi-stage rockets, and early versions of the metal-barrelled gun.[11.89c] The transfer of this technology westward — through Mongol intermediaries, overland trade, and captured craftsmen — eventually gave Europe the cannon.

3.3 Siege Warfare and Engineering

No medieval state invested more systematically in siege technology than China, where walled cities were the primary strategic objectives of every major campaign.[12.201c] Chinese siege engineers developed traction trebuchets, counterweight trebuchets (possibly borrowing back from the Islamic world), armoured assault platforms, and elaborate tunnel-and-collapse systems. When the Mongols besieged the twin cities of Xiangyang and Fandan between 1267 and 1273, they ultimately

succeeded only after importing Persian engineers with counterweight trebuchet expertise unavailable to their own forces.

4. Medieval Europe: The Armoured Individual

4.1 The Evolution of Armour

Early medieval European warriors relied primarily on the chainmail hauberk, a garment of interlocking iron rings that had been in continuous use since at least the Roman period.[13.44c] Chainmail was effective against cutting weapons but vulnerable to thrusting blows — a limitation that became increasingly relevant as pointed lances and narrow-bodied arrows (bodkin points) proliferated. Over the course of the thirteenth and fourteenth centuries, European armourers progressively added plate reinforcements to the hauberk: initially at the elbows, knees, and shoulders, then across the chest, until by roughly 1400 the full plate harness had rendered the chainmail layer largely redundant.

The resulting armour was genuinely difficult to defeat in direct melee. A well-fitted Gothic plate harness of the late fifteenth century could weigh 15 to 25 kilograms — less than a modern combat infantryman's load — and distributed that weight across the body far more efficiently than earlier defences.[14.117c] The problem was cost. A full harness required hundreds of hours of skilled smithwork and was, for most of European history, accessible only to the nobility and their immediate retinues. This made European heavy cavalry a qualitatively elite force rather than a numerically significant one.

4.2 The Longbow and the Social Order

English and Welsh archers at Crécy (1346) and Agincourt (1415) demonstrated that relatively cheap ranged weapons, wielded by trained but non-aristocratic soldiers, could halt and destroy heavy cavalry at distances of 150 to 200 metres.[15.78c] The longbow required considerable upper-body strength and years of training to use effectively — medieval English skeletons show distinctive asymmetric bone development in the left arm from childhood archery practice. In this respect, the English archer was more like the steppe nomad than might be expected: both depended on a lifetime of physical conditioning rather than the short training cycles that military institutions usually prefer.

The political implications were uncomfortable for the feudal hierarchy. Pope Innocent II's 1139 condemnation of the crossbow against Christians made the social anxiety explicit: a weapon that allowed a peasant to kill a knight from a safe distance was felt, by the ruling class, as an affront to the natural order.[16.234c] The longbow attracted less explicit condemnation partly because its training demands kept it tied to a specific regional tradition (English and Welsh archers) rather than being immediately replicable by anyone.

4.3 The Mounted Knight as Tactical Doctrine

The heavy cavalry charge — a line of armoured knights accelerating to full gallop with couched lances — was the signature offensive tactic of European feudal warfare

from roughly the eleventh century onward.[17.156c] At its best, a well-executed charge was nearly irresistible: the kinetic energy of horse and rider concentrated at the lance tip could penetrate almost any infantry formation not specifically designed to receive it. At its worst, it was inflexible, expensive, and dependent on terrain conditions — heavy warhorses could not manoeuvre on boggy ground, and a disordered charge into prepared stakes (as at Agincourt) was catastrophic.

European commanders understood the limitations but struggled to diversify. The social organisation of feudal military service meant that the men who showed up to campaigns were knights; infantry was a secondary force with lower status and (often) lower tactical investment. It took the Swiss pike squares of the fourteenth and fifteenth centuries, drawing on an urban and pastoral economy rather than a feudal one, to produce an infantry force that could fight heavy cavalry on equal terms in open field.[18.92c]

5. Comparative Analysis

5.1 Summary Table

Criterion	Central Asian Nomads	Medieval China	Medieval Europe
Primary ranged weapon	Composite reflex bow	Crossbow; fire-lance (huǒ qiāng)	Longbow; crossbow
Primary melee weapon	Sabre (shamshir), lance	Spear, dao (single-edge sword)	Sword, lance (knight)
Body armour	Lamellar; leather/felt coats	Lacquered plate; lamellar	Chainmail → full plate (XIV c.)
Cavalry role	Core of the army — mobile fire platform	Important but subordinate to infantry	Elite shock force (knights)
Key tactical principle	Feigned retreat, encirclement, horse archery	Massed infantry, siege technology, gunpowder	Heavy cavalry charge; siege
Gunpowder weapons	Adopted from Chinese / Persian sources	Fire-arrows, bombs, early guns (X–XIV c.)	Cannon and handguns (XIV–XV c.)

Criterion	Central Asian Nomads	Medieval China	Medieval Europe
Arms production	Nomadic craft + trade with settled neighbours	State arsenals, standardised components	Guild workshops; bespoke knight's armour

5.2 Three Military Philosophies

Setting the three traditions side by side reveals something more interesting than a ranking. Each system was coherent within its own logic — the weaknesses that are obvious in retrospect were often invisible to contemporaries because those weaknesses only became decisive under conditions the society had not yet encountered.

The nomadic system prioritised individual quality and strategic mobility. A Mongol tümen of ten thousand could, in theory, operate independently for months without a supply train, living off the land and its remounts.[7.31c] This made it an almost impossible adversary in open territory. It was far less effective against well-provisioned cities, which is why the conquest of China took decades and required engineering expertise the Mongols had to import. The system's deeper vulnerability was political: it depended on charismatic leadership and the distribution of plunder to hold together, and it began to fragment precisely when it achieved the sedentary empire it was not designed to administer.

The Chinese system prioritised institutional depth. State arsenals could produce standardised weapons at scales no nomadic confederation could match; the examination-based bureaucracy brought a degree of professional military thinking to command decisions. The recurring failure was the difficulty of translating institutional strength into tactical mobile capacity. Song dynasty armies repeatedly had the technological edge in individual weapons and siege equipment but could not prevent nomadic forces from choosing when and where to fight.[19.67c]

The European system prioritised individual armour investment to a degree unmatched elsewhere. A late-medieval knight was, piece for piece, the best-protected human combatant in the world — but his army was small, his supply chain fragile, and his tactical repertoire narrow. The real transformation came not from any particular weapons innovation but from the gradual shift toward paid professional infantry, which unlocked tactical combinations — pike-and-shot formations especially — that the purely cavalry-oriented feudal host could never achieve.[20.145c]

5.3 Cross-Cultural Borrowing

One theme that resists the tidy separation of these three traditions is the scale of mutual borrowing. The Mongol conquests were simultaneously a military catastrophe and a technology transfer event of the first order. Persian engineers built siege engines for the Mongols; Chinese gunpowder weapons reached the Islamic world and

eventually Europe through Mongol intermediaries; Mongol cavalry tactics influenced Russian, Hungarian, and Polish military organisation for generations.[21.188c]

European plate armour itself shows Eastern influence in some of its design elements, and the Hungarian hussar tradition — still heavy cavalry, but far more mobile — was a direct adaptation of steppe tactics by a sedentary society that had learned the hard way what those tactics could do.[22.73c] The lines between the three traditions were always permeable, and the societies that adapted fastest were usually the ones that had been most violently confronted with alternatives to their own way of war.

6. Conclusion

Medieval weapons were not neutral instruments. The composite bow encoded a nomadic economy; the state-manufactured crossbow encoded a centralised bureaucratic state; the bespoke knight's harness encoded a social order in which aristocratic blood theoretically guaranteed military function. When these systems met, the outcome depended less on which weapon was objectively superior — all three traditions had weapons that could defeat the others under the right conditions — and more on terrain, logistics, political cohesion, and the degree to which commanders understood and exploited their own system's strengths.

The fifteenth century ended this particular conversation. Gunpowder, finally cheap and reliable enough for mass deployment, cut across all three traditions simultaneously: it devalued heavy armour, extended the effective range of ranged weapons beyond what any bow could achieve, and concentrated destructive power in ways that made the individual knight's investment in personal protection economically irrational. By 1500, the armies that would shape the next two centuries looked not like the three traditions described here but like hybrid institutions — professional, paid, and increasingly armed with firearms that none of the medieval systems had anticipated.[20.189c]

The steppe nomad, the Chinese crossbowman, and the European knight were not simply predecessors of modern soldiers. They were solutions to specific problems posed by specific societies, and they worked, on their own terms, remarkably well. Understanding what made each system coherent is more instructive than simply noting where each eventually failed.

Bibliography:

1. Barfield, T. J. The Perilous Frontier: Nomadic Empires and China, 221 BC to AD 1757. Oxford: Blackwell, 1989.

2. DeVries, K., and Smith, R. D. Medieval Military Technology. 2nd ed. Toronto: University of Toronto Press, 2012.

3. Nicolle, D. The Mongol Warlords: Genghis Khan, Kublai Khan, Hulegu, Tamerlane. Poole: Firebird Books, 1990.

4. Sinor, D. "The Inner Asian Warriors." Journal of the American Oriental Society 101, no. 2 (1981): 133–144.

5. May, T. The Mongol Art of War. Barnsley: Pen & Sword, 2007.

6. Twitchett, D., and Fairbank, J. K., eds. The Cambridge History of China. Vol. 6: Alien Regimes and Border States. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

7. Man, J. Genghis Khan: Life, Death and Resurrection. London: Bantam Press, 2004.

8. Lorge, P. War, Politics and Society in Early Modern China, 900–1795. London: Routledge, 2005.

9. Wang, Z. "Armaments and Military Standardisation in Tang China." T'oung Pao 89, no. 1–3 (2003): 1–38.

10. Needham, J. Science and Civilisation in China. Vol. 5, Part 7: Military Technology: The Gunpowder Epic. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.

11. Chase, K. Firearms: A Global History to 1700. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.

12. Peers, C. J. Soldiers of the Dragon: Chinese Armies 1500 BC to AD 1840. Oxford: Osprey, 2006.

13. Contamine, P. War in the Middle Ages. Translated by M. Jones. Oxford: Blackwell, 1984.

14. Williams, A. The Knight and the Blast Furnace: A History of the Metallurgy of Armour in the Middle Ages and Early Modern Period. Leiden: Brill, 2003.

15. Prestwich, M. Armies and Warfare in the Middle Ages: The English Experience. New Haven: Yale University Press, 1996.

16. Strickland, M., and Hardy, R. The Great Warbow. Stroud: Sutton Publishing, 2005.

17. France, J. Western Warfare in the Age of the Crusades, 1000–1300. London: UCL Press, 1999.

18. Miller, D. The Swiss at War, 1300–1500. Oxford: Osprey, 1979.

19. Franke, H. "Siege and Defense of Towns in Medieval China." In Chinese Ways in Warfare, edited by F. A. Kierman Jr. and J. K. Fairbank. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1974.

20. Rogers, C. J. "The Military Revolutions of the Hundred Years War." Journal of Military History 57, no. 2 (1993): 241–278.

21. Di Cosmo, N. "Mongols and Merchants on the Black Sea Frontier in the Thirteenth and Fourteenth Centuries." In Mongols, Turks, and Others, edited by R. Amitai and M. Biran. Leiden: Brill, 2005.

22. Ágoston, G. Guns for the Sultan: Military Power and the Weapons Industry in the Ottoman Empire. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

23. Abazov, R. (2007). Culture and Customs of the Central Asian Republics. Greenwood Press (USA). – URL: https://pdfcoffee.com/culture-and-customs-of-thecentral-asian-republics-goldenshark--pdf-free.html (accessed: 15.04.2026).

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ВИКИДІВ БЕНЗИНОВИХ ЕНЕРГОУСТАНОВОК ТА АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Роценко Олексій Вікторович
Аспірант
Український державний університет залізничного транспорту

Сергєєв Олексій Валерійович
Аспірант
Український державний університет залізничного транспорту

Тимофеєва Лариса Андріївна
Кандидат технічних наук, професор
Український державний університет залізничного транспорту

Актуальність та постановка проблеми

В умовах енергетичної нестабільності масове використання автономних бензинових генераторів у містах України створило потребу в точному оцінюванні їхнього впливу на довкілля [5]. Основною проблемою є необхідність підвищення достовірності результатів вимірювань у задачах лабораторного контролю, оскільки викиди генераторів суттєво відрізняються за динамікою та складом від автомобільних. Наукова прогалина полягає у відсутності системних порівняльних досліджень із глибокою метрологічною оцінкою похибок у реальних режимах експлуатації [3, 4].

Методологія та метрологічне забезпечення вимірювань

Для підвищення точності експериментальних даних у роботі було реалізовано підходи, що базуються на міжнародних стандартах вимірювання викидів [1]:

- Багатократність вимірювань: Виконано серії з 5–9 повторів для кожного режиму, що дозволило статистично мінімізувати випадкові похибки та підвищити надійність даних [3].
- Контроль режимів: Оцінювалися концентрації CO, CO_2, CH, O_2 та коефіцієнт надлишку повітря λ для різних типів енергоустановок.
- Статистична обробка: Використано методи розрахунку середньоквадратичного відхилення та відносної похибки, що є критичним для лабораторного контролю точності [3].

Аналіз точності та результати досліджень

Дослідження виявило пряму залежність точності вимірювальних процедур від стабільності роботи об'єкта та процесів згоряння палива [2]:

1. Режим холостого ходу: Характеризується найвищою нестабільністю. Для генератора відносна похибка CH склала 20,58%, CO — 10,61%. Це підтверджує складність отримання прецизійних даних у режимах із високим коефіцієнтом надлишку повітря [4].

2. Робота під навантаженням: Демонструє значне підвищення точності. Похибка вимірювання CO_2 знижується до 1,11%, що свідчить про стабілізацію метрологічних характеристик при зростанні потужності [3, 4].

3. Автомобільний двигун: Завдяки електронним системам керування забезпечує найвищу стабільність показників (похибка λ— лише 0,17%), що може слугувати еталоном при порівняльних дослідженнях [4].

Порівняльна токсичність: Встановлено, що концентрація оксиду вуглецю (CO) у генератора перевищує аналогічні показники автомобіля у **7–**11 разів, що потребує особливої уваги при калібруванні газоаналізаторів для таких джерел [5].

Шляхи підвищення точності лабораторного контролю

На основі метрологічної оцінки запропоновано заходи для вдосконалення вимірювальних процедур:

- Адаптація методик калібрування: Для метрологічних лабораторій критично важливим є врахування специфічного складу газів малих двигунів [1, 3].
- Оптимізація вибірки: У режимах із високою варіативністю необхідно збільшувати кількість циклів вимірювання для досягнення нормативної точності.
- Уніфікація умов: Суворе дотримання методів випробувань згідно з ISO 8178-1 забезпечує відтворюваність результатів [1].

Висновки

Робота підтвердила, що бензинові генератори є суттєвим джерелом забруднення через низьку ефективність згоряння палива [2, 5]. Метрологічний аналіз показав, що достовірність контролю викидів значною мірою залежить від режиму роботи, що необхідно враховувати при розробці нових інформаційно-вимірювальних технологій та калібруванні засобів вимірювальної техніки [1, 3].

Список використаних джерел:

1. ДСТУ ISO 8178-1:2017. Двигуни внутрішнього згоряння поршневі. Вимірювання викидів відпрацьованих газів. Методи випробування.

2. John B. Heywood. Internal combustion engine fundamentals. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education, 2018.

3. Приміський В. Стандарти і засоби вимірювання димності відпрацьованих газів дизельних двигунів. Стандартизація, сертифікація, якість. 2014. № 3.

4. Гутаревич Ю. Ф., Сирота О. В., Карев С. В. Вплив методу регулювання потужності на екологічні показники бензинового двигуна. Двигуни внутрішнього згоряння. 2015. № 1.

5. United States Environmental Protection Agency. Portable Generator Safety and Emissions. Washington, DC: EPA, 2022.

ТВЕРДОМІРИ ВІККЕРСА ТА РОКВЕЛЛА Й ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АВТОМАТИЗОВАНИХ МЕТОДІВ

Сергєєв Олексій Валерійович
Аспірант
Український державний університет залізничного транспорту

Роценко Олексій Вікторович
Аспірант
Український державний університет залізничного транспорту

Тимофеєва Лариса Андріївна
Кандидат технічних наук, професор
Український державний університет залізничного транспорту

У промисловій метрології випробування на твердість є одним із ключових методів оцінювання експлуатаційних властивостей металів, оскільки твердість корелює з зносостійкістю, границею міцності та довговічністю елементів конструкцій. У машинобудуванні найбільш поширеними є метод Віккерса, який базується на оптичному визначенні геометрії відбитка, та метод Роквелла, у якому вимірюється глибина проникнення індентора під навантаженням. У контексті Індустрії 4.0 актуальним стає перехід від ручних операцій до повністю автоматизованих інформаційно-вимірювальних систем, що використовують комп'ютерний зір та моделі штучного інтелекту (ШІ) для обробки результатів випробувань [5–7].

Метод Віккерса є універсальним оптичним методом і стандартизований міжнародними документами ISO 6507-1 та ASTM E384 [1; 3]. У процесі випробування алмазний індентор у формі правильної піраміди з кутом $136°$ між протилежними гранями втискається в поверхню зразка з фіксованим навантаженням, після чого під мікроскопом вимірюють дві діагоналі квадратного відбитка d_1 та d_2 [1; 3]. Середнє значення діагоналі визначають як

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2},$$

і використовують для розрахунку твердості Віккерса за співвідношенням

$$HV = 1.8544 \frac{F}{d^2},$$

де F – навантаження (кгс), d – середня діагональ відбитка (мм) [1; 3]. Унаслідок широкого діапазону навантажень – від мікротвердості до макротвердості – метод Віккерса придатний як для тонких покриттів, так і для масивних деталей, що забезпечує його широке застосування в лабораторній та виробничій практиці [1; 3].

Метод Роквелла, описаний у стандартах ISO 6508-1 та ASTM E18, реалізує інший підхід: замість вимірювання розмірів відбитка визначають приріст глибини проникнення індентора при переході від попереднього навантаження до повного та поверненні до попереднього [2; 4]. Спочатку до зразка прикладається попереднє навантаження (як правило, 10 кгс), потім додається основне навантаження (60, 100 або 150 кгс залежно від обраної шкали), після витримки навантаження знову зменшують до попереднього рівня, а глибину залишкової інденції h перетворюють у число твердості [2; 4]. Узагальнена формула для твердості Роквелла має вигляд

$$HR = N - \frac{h}{S},$$

де N і S – константи конкретної шкали (для шкали HRC $N = 100$, $S = 0.002$ мм/од.), що забезпечує лінійне перетворення глибини у безрозмірну шкалу твердості [2; 4]. Перевагою методу Роквелла є відсутність оптичних вимірювань і можливість реалізації повністю автоматичного циклу випробування на основі вбудованих датчиків переміщення й електронного контролю навантаження [2; 4].

Перші системи автоматизації методу Віккерса будувалися на класичних алгоритмах цифрової обробки зображень: пороговій сегментації, фільтрації шумів, виділенні контурів та пошуку вершин ромбовидного відбитка. У роботах, присвячених вимірюванню твердості Брінелля та Віккерса за допомогою аналізу зображень, показано, що автоматичне виділення відбитка та обчислення діагоналей дає відносну похибку в межах кількох відсотків відносно ручних вимірювань за умови коректної підготовки поверхні зразка. При цьому алгоритми, які використовують кутові детектори для пошуку вершин та геометричну апроксимацію меж відбитка прямими, виявилися стійкішими до низького контрасту, локальних подряпин і артефактів освітлення, ніж прості порогові методи.[1]

Подальший розвиток оптичних систем Віккерса пов’язаний із застосуванням згорткових нейронних мереж (Convolutional Neural Networks, CNN) та повністю згорткових архітектур, які виконують сегментацію відбитків на зображеннях [5; 7]. У сучасних роботах пропонується схема, у якій нейронна мережа автоматично локалізує область інденції та формує бінарну маску відбитка, після чого на межових пікселях будуються лінії, визначаються координати чотирьох вершин, обчислюються діагоналі й відповідне значення твердості за формулою Віккерса [5; 7]. Створені на цій основі алгоритми протестовано на реальних базах зображень інденцій (порядку сотень знімків), причому показано, що середня похибка визначення діагоналей у пікселях та похибка твердості за результатами ШІ менші або співставні з середніми ручними вимірюваннями досвідчених операторів [5; 7]. Це свідчить про практичну доцільність впровадження CNN в інформаційно-вимірювальні комплекси Віккерса для зниження суб’єктивності та підвищення відтворюваності результатів [5; 7].

Окремим напрямом є використання ШІ не лише для аналізу зображень відбитків, а й для прогнозування значень твердості за іншими фізико-механічними параметрами матеріалів. Зокрема, описано моделі машинного навчання, які прогнозують твердість Віккерса за набором механічних характеристик та параметрів мікроструктури із застосуванням регресійних алгоритмів і ансамблевих методів. Такі підходи перспективні для задач матеріалознавства та проектування нових сплавів, однак у метрологічних лабораторіях основну роль відіграють системи, які вимірюють твердість безпосередньо і застосовують ШІ саме на етапі обробки первинних вимірювань [1; 3; 5–7].

У випадку твердомірів Роквелла об’єктом вимірювання є не геометрія відбитка, а глибина інденції в часі, яку реєструють високоточні датчики переміщення в поєднанні з електронною системою навантаження [2; 4]. Сучасні автоматизовані машини Роквелла реалізують повністю автоматичний цикл: оператор лише встановлює зразок, обирає шкалу та запускає випробування, після чого машина самостійно прикладає попереднє навантаження, основне навантаження, витримує заданий час і виконує фінальне вимірювання глибини [2; 4]. У таких системах основний потенціал ШІ полягає в аналізі часових рядів сили та глибини для виявлення аномальних кривих навантаження–деформації, діагностики помилок (неправильна установка зразка, відрив контакту, пошкодження індентора) та прогнозування дрейфу калібрування машини на основі історії вимірювань [5; 7]. Це дозволяє реалізувати концепцію самодіагностики й предиктивного обслуговування твердомірів, знижуючи ризик прихованих відхилень, що безпосередньо впливають на простежуваність вимірювань [5; 7].

Паралельно розвиваються комплексні автоматизовані системи контролю твердості, в яких твердоміри Віккерса і Роквелла інтегрують у єдині роботизовані лінії разом із іншими засобами контролю – розривними машинами, системами вимірювання шорсткості, товщини, маси тощо [3; 7]. Такі системи використовують роботизовані маніпулятори для подачі зразків, автоматичні координатні столи, камери та датчики, а також програмне забезпечення з елементами ШІ для планування послідовності тестів і обробки результатів [5; 7]. У цьому контексті твердоміри Віккерса зазвичай виступають як оптичні вузли, де ШІ відповідає за розпізнавання й вимірювання відбитків, тоді як твердоміри Роквелла працюють як глибинні модулі, де інтелектуальні алгоритми забезпечують аналіз кривих навантаження та контроль стану обладнання [5; 7].

Для зручності подальшого використання ключові відмінності між методами Віккерса та Роквелла в контексті автоматизації й застосування ШІ можна стисло подати у такій формі. Вимірювана величина: у методі Віккерса – діагоналі оптичного відбитка, у методі Роквелла – глибина інденції за часом [1–4]. Тип системи: Віккерс реалізується як оптична система (мікроскоп, камера, модуль комп’ютерного зору), тоді як Роквелл базується на механіко-електронній схемі з датчиками глибини та навантаження [2; 4]. Основна формула: для Віккерса

використовується вираз $\mathrm{HV} = 1.8544\frac{F}{d^2}$, для Роквелла – $\mathrm{HR} = N - \frac{h}{S}$ [1; 2; 3; 4]. Дані для ШІ: у Віккерса – зображення відбитків, придатні для застосування CNN та FCN, у Роквелла – часові ряди сили й глибини, характерні для задач аналізу сигналів [5; 7]. Основний ефект ШІ: для Віккерса – автоматичне й робастне вимірювання діагоналей та зменшення впливу людського фактора, для Роквелла – виявлення аномалій, самодіагностика й прогноз стану.

Порівняльний аналіз показує, що метод Віккерса природно поєднується з комп'ютерним зором та нейромережевими алгоритмами, оскільки критична інформація про твердість міститься у геометрії оптичного відбитка, який легко оцифрувати за допомогою цифрових камер високої роздільної здатності [1; 3; 5; 7]. У свою чергу, метод Роквелла органічно інтегрується з вбудованими сенсорними модулями вимірювання глибини, де ШІ використовується для інтелектуальної обробки сигналів, виявлення відхилень та підвищення надійності випробувальних машин у тривалому циклі експлуатації [2; 4; 7]. Таким чином, впровадження інформаційно-вимірювальних технологій на основі ШІ дозволяє значно підвищити автоматизацію процесів вимірювання твердості, зменшити вплив людського фактора та забезпечити більш низьку невизначеність вимірювань як для твердомірів Віккерса, так і для твердомірів Роквелла у сучасних метрологічних лабораторіях і на автоматизованих виробничих лініях.

Список літератури:

1. ISO 6507-1:2018. Metallic materials – Vickers hardness test – Part 1: Test method. Geneva : ISO, 2018.
2. ISO 6508-1:2023. Metallic materials – Rockwell hardness test – Part 1: Test method. Geneva : ISO, 2023.
3. ZwickRoell. Vickers hardness testing: ISO 6507, ASTM E384 [Electronic resource]. Ulm : ZwickRoell GmbH. https://www.zwickroell.com/industries/metals/metals-standards/vickers-test-iso-6507/.
4. ZwickRoell. Rockwell hardness testing: ISO 6508, ASTM E18 [Electronic resource]. Ulm : ZwickRoell GmbH. Available at : https://www.zwickroell.com/industries/metals/metals-standards/rockwell-test-iso-6508/ (accessed 30 April 2026).
5. Jalilian E., Uhl A. Deep learning based automated Vickers hardness measurement // Lecture Notes in Computer Science. – 2021.
6. Dovale-Farelo V., Tavadze P., Lang L. et al. Vickers hardness prediction from machine learning methods // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12. – Art. 22475.
7. QATM. Revolutionary image evaluation in hardness testing with AI-technology (QAI) [Electronic resource]. – QATM GmbH, 2023.

DIE DIGITALISIERUNG DES RECHTSWESENS IN DEUTSCHLAND: CHANCEN UND HERAUSFORDERUNGEN

Zaiets Kateryna,
Bachelorstudentin der Juristischen Fakultät, Studiengang „Internationales Recht“,
Leonid Yuzkov Universität für Management und Recht,
Chmelnyzkyj

Petrenko Maryna,
Hochschullehrerin, Lehrstuhl für Sprachwissenschaft,
Leonid Yuzkov Universität für Management und Recht,
Chmelnyzkyj

Die Digitalisierung des Rechtswesens stellt keine bloße technologische Modernisierung dar, sondern einen grundlegenden Strukturwandel des gesamten Justizsystems. Generative KI und Legal-Tech-Tools verändern bereits heute den Arbeitsalltag von Rechtsanwälten, Richtern und Rechtsabteilungen in Unternehmen. Einer Studie der Europäischen Kommission (2023) zufolge hat sich der Einsatz digitaler Technologien in der Justiz in den vergangenen fünf Jahren verdoppelt [1]. Der deutsche Legal-Tech-Markt umfasst rund 300 Unternehmen mit einer aggregierten Bilanzsumme von mindestens 800 Mio. Euro sowie 6.200 bis 10.000 Beschäftigten. Dabei halten über 90% der Marktteilnehmer die Digitalisierung des Rechtssektors für unausweichlich [2].

Einen zentralen institutionellen Meilenstein bildet die Einführung des besonderen elektronischen Anwaltspostfachs (beA). Seit dem 1. Januar 2022 sind alle in Deutschland zugelassenen Rechtsanwälte verpflichtet, Schriftsätze ausschließlich elektronisch über das beA an die Gerichte zu übermitteln; Einreichungen per Fax, Post oder Kurier gelten seither als unzulässig [3]. Seit dem 1. August 2024 nimmt auch das Bundesverfassungsgericht am elektronischen Rechtsverkehr teil [3]. Ab dem Jahr 2024 wurden zudem weitere Berufsgruppen in die Nutzungspflicht des elektronischen Rechtsverkehrs einbezogen, unter anderem durch die verpflichtende Einführung des elektronischen Bürger- und Organisationenpostfachs (eBO) [4].

Im April 2024 befasste sich der Deutsche Bundestag mit dem Regierungsentwurf eines Gesetzes zur weiteren Digitalisierung der Justiz (Drucksache 20/10943). Das Gesetz sieht unter anderem die Einführung einer Hybridaktenführung, die Erweiterung der elektronischen Übermittlungspflichten für Strafverteidiger sowie die Möglichkeit der Teilnahme an Revisionshauptverhandlungen per Videokonferenz vor [5]. Gleichzeitig entstehen neue Rechtsfragen hinsichtlich der Haftung für automatisierte Entscheidungen und KI-generierte Rechtsgutachten, die einer eigenständigen gesetzlichen Regelung bedürfen [1].

Die Digitalisierung der Justiz eröffnet erhebliche Potenziale zur Steigerung von Effizienz und Zugänglichkeit des Rechts. Der Einsatz von Videoverhandlungen, digitalen Akten und KI-gestützten Recherchetools verkürzt Verfahrensdauern und senkt deren Kosten spürbar [1]. Laut einem Bericht des Fraunhofer-Instituts (2024) kann der Zugang zu einer strukturierten und maschinenlesbaren Urteilsdatenbank die Effizienz juristischer Recherche um bis zu 40 % steigern [1]. Eine Studie der Bertelsmann Stiftung (2024) zeigt, dass bereits 65 % der Verbraucher Online-Rechtsplattformen zur juristischen Erstinformation nutzen [1].

Neben den Vorteilen sieht sich die Digitalisierung des Rechtswesens mit erheblichen strukturellen Hindernissen konfrontiert. Der Legal Tech Monitor 2025 identifiziert drei Haupthemmnisse: den Fachkräftemangel (insbesondere in der Justiz und in kleinen Rechtsabteilungen), lange Verkaufszyklen mit aufwendigen Implementierungsprozessen sowie übermäßige Bürokratie bei öffentlichen Ausschreibungen [2]. Als Fazit wird hervorgehoben, dass klare regulatorische Rahmenbedingungen, moderne IT-Infrastrukturen und verbesserte Finanzierungsmöglichkeiten erforderlich sind, um nachhaltiges Wachstum der Legal-Tech-Branche zu fördern [2]. Ein weiteres Problem stellt die Ausbildung dar: 82 % der deutschen Juristen sind der Ansicht, dass digitale Kompetenzen fester Bestandteil des juristischen Studiums werden sollten, während interdisziplinäre Ausbildungsangebote bislang eher die Ausnahme bilden [1].

Künstliche Intelligenz bildet den zentralen technologischen Treiber der aktuellen Transformation des Rechtswesens. Im Rahmen des interdisziplinären Forschungsprojekts TITAN (gefördert von der Daimler und Benz Stiftung) untersuchen Rechtswissenschaftler, Informatiker und Arbeitspsychologen gemeinsam, unter welchen Bedingungen Automatisierung im Rechtswesen erfolgreich umgesetzt werden kann und welche realistischen Einsatzfelder bestehen [6]. Auf europäischer Ebene wird intensiv darüber diskutiert, welche neuen Aufgaben das Rechtswesen im Zuge des zunehmenden KI-Einsatzes übernehmen muss. Dabei wird betont, dass diese Technologie nicht nur Chancen eröffnet, sondern auch erhebliche Herausforderungen mit sich bringt, denen sich die Rechtspraxis in den kommenden Jahren stellen muss [7].

Die Digitalisierung des deutschen Rechtswesens befindet sich an einem entscheidenden Wendepunkt: Gesetzgeberische Reformen schaffen das notwendige Fundament, der Legal-Tech-Markt verzeichnet ein dynamisches Wachstum, und KI-Technologien verändern etablierte Rechtspraktiken grundlegend. Ein nachhaltiger Erfolg dieses Transformationsprozesses erfordert jedoch einen systemischen Ansatz - klare rechtliche Regelungen für neue Technologien, gezielte Investitionen in Infrastruktur und Ausbildung sowie die Bereitschaft aller Akteure des Rechtssystems, digitale Werkzeuge in ihre tägliche Arbeit zu integrieren.

Quellenverzeichnis

1. 10 Thesen zur Zukunft der Rechtsberatung in Deutschland. *Legal Tech Verzeichnis | Nachrichten und Fachartikel*. URL: https://legal-tech-

verzeichnis.de/fachartikel/10-thesen-zur-zukunft-der-rechtsberatung-in-deutschland (Zugriff am: 19.04.2026).

2. Legal Tech Verband Deutschland (Hrsg.). Legal Tech Monitor 2025. Berlin, 2025. URL: *https://www.legaltechverband.de/wp-content/uploads/2025/01/Legal-Tech-Monitor-v1.0b.pdf* (Abruf: 19.04.2026). Vgl. auch: Legal Tribune Online, 10.01.2025, *6* .

3. Wikipedia. Besonderes elektronisches Anwaltspostfach (beA). URL: *https://de.wikipedia.org/wiki/Besonderes_elektronisches_Anwaltspostfach* (Abruf: 19.04.2026).

4. eitco.de. Ab 2024 verpflichtend: elektronische Kommunikation als Standard im ERV. 27.11.2023. URL: *https://www.eitco.de/ab-2024-verpflichtend-elektronische-kommunikation-als-standard-im-erv/* (Abruf: 19.04.2026).

5. Deutscher Bundestag. Modernisierung der Justiz im Fokus der Sachverständigen. Gesetzentwurf 20/10943. 10.04.2024. URL: *https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2024/kw20-pa-recht-digitalisierung-justiz-1000614* (Abruf: 19.04.2026).

6. Bundesrechtsanwaltskammer (BRAK). Bundesweite Umfrage zu künstlicher Intelligenz in der Rechtspraxis. Projekt TITAN. 26.11.2025. URL: *https://www.brak.de/newsroom/newsletter/nachrichten-aus-berlin/2025/ausgabe-24-2025-v-26112025/bundesweite-umfrage-zu-kuenstlicher-intelligenz-in-der-rechtspraxis/* (Abruf: 19.04.2026).

7. Anwaltsblatt / DAV. Digitalisierung im europäischen Rechtswesen nimmt Fahrt auf. 19.07.2024. URL: *https://anwaltsblatt.anwaltverein.de/de/themen/netzwerk-verein/dat-2024-digitalisierung-im-europaeischen-rechtswesen* (Abruf: 19.04.2026).

DAS TAX-FREE-SYSTEM IN DER EUROPÄISCHEN UNION: RECHTLICHE REGELUNG UND PROBLEME DER ANWENDUNG

Zhulkovsky Rodion
Bachelorstudent der Juristischen Fakultät,
Studiengang „Internationales Recht“,
Leonid Yuzkov Universität für Management und Recht,
Chmelnyzkyj

Im modernen Recht der Europäischen Union wird den Fragen der steuerlichen Regulierung, insbesondere dem Mehrwertsteuersystem, große Aufmerksamkeit gewidmet. Einer der praktischen Mechanismen zur Anwendung dieses Systems ist das Tax-Free-System, das ausländischen Staatsbürgern die Erstattung der Mehrwertsteuer für Waren ermöglicht, die im Gebiet der Mitgliedstaaten der Europäischen Union erworben und aus diesem Gebiet ausgeführt werden. Ein solcher Mechanismus ist von erheblicher Bedeutung für die Entwicklung des internationalen Handels, des Tourismus sowie für die wirtschaftliche Integration zwischen den Staaten [3].

Das Tax-Free-System beruht auf den allgemeinen Grundsätzen des Mehrwertsteuersystems der Europäischen Union. Die grundlegenden Vorschriften zur Mehrwertsteuer sind in der Richtlinie 2006/112/EG des Rates der Europäischen Union festgelegt, die ein gemeinsames Mehrwertsteuersystem in den Mitgliedstaaten etabliert. Nach dieser Richtlinie wird die Mehrwertsteuer auf Waren und Dienstleistungen erhoben, die im Hoheitsgebiet eines Mitgliedstaates verbraucht werden. Werden Waren tatsächlich aus dem Gebiet der Europäischen Union ausgeführt, besteht daher die Möglichkeit, die entrichtete Steuer zu erstatten [1].

Tatsächlich ermöglicht das Tax-Free-System ausländischen Touristen, Waren in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union zu einem Preis ohne Mehrwertsteuer zu erwerben. In den meisten Staaten liegt der Mehrwertsteuersatz zwischen 17 % und 25 %, sodass die Rückerstattung dieser Steuer den Endpreis der Ware erheblich reduzieren kann. So beträgt der reguläre Mehrwertsteuersatz beispielsweise in Deutschland 19 %, in Frankreich 20 % und in Polen 23 %. Aus diesem Grund nehmen Touristen während ihrer Reisen häufig größere Anschaffungen vor, da eine spätere Steuererstattung erwartet wird [4].

Das Verfahren zur Inanspruchnahme des Tax-Free-Systems umfasst in der Regel mehrere Schritte. Zunächst tätigt der Käufer einen Einkauf in einem Geschäft, das am Tax-Free-System teilnimmt, und erhält einen entsprechenden Beleg bzw. ein Formular für die Steuererstattung. Anschließend bestätigen die Zollbehörden beim Grenzübertritt die Ausfuhr der Waren aus dem Gebiet der Europäischen Union. Erst danach kann die Rückerstattung entweder in bar oder durch Überweisung auf eine Bankkarte erfolgen. Die entsprechenden Verfahren werden durch das Zollrecht sowie durch die Verwaltungspraxis der Mitgliedstaaten der Europäischen Union geregelt [2].

Aus praktischer Sicht wird das Tax-Free-System aktiv von Bürgern der Ukraine während ihrer Reisen in die Mitgliedstaaten der Europäischen Union genutzt. So kann ein Käufer beim Erwerb von technischen Geräten, Kleidung oder Schmuck in Ländern wie Polen oder Deutschland einen erheblichen Teil des Kaufpreises zurückerhalten. Dies fördert sowohl die Entwicklung des Grenzhandels als auch den Tourismus und trägt zur wirtschaftlichen Aktivität in Grenzregionen bei [3].

Gleichzeitig weist das Tax-Free-System auch eine Reihe problematischer Aspekte auf. Eines der Hauptprobleme ist die Komplexität des Rückerstattungsverfahrens. In vielen Fällen sind Touristen verpflichtet, die erforderlichen Unterlagen ordnungsgemäß auszufüllen, die Zollkontrolle zu durchlaufen und festgelegte Fristen einzuhalten. Wenn eine dieser Bedingungen nicht erfüllt wird, kann die Steuererstattung unmöglich werden [4].

Ein weiteres Problem des Tax-Free-Systems liegt in der Einbindung spezialisierter Betreiber, die die Steuererstattung abwickeln. In der Praxis organisieren diese Unternehmen den Rückerstattungsprozess der Mehrwertsteuer für ausländische Käufer, indem sie mit Handelsunternehmen und Zollbehörden zusammenarbeiten. Ihre Tätigkeit ist regelmäßig mit der Einbehaltung einer Provision verbunden, wodurch sich der tatsächliche ausgezahlte Erstattungsbetrag verringert. Darüber hinaus unterscheiden sich die konkreten Modalitäten der Tätigkeit solcher Betreiber je nach Mitgliedstaat, was das Verständnis des Verfahrens für Touristen erschwert und auf das Fehlen einer vollständigen Harmonisierung des Tax-Free-Mechanismus hinweist [5].

Besonders hervorzuheben ist die fortschreitende Digitalisierung des Steuererstattungsverfahrens. In einigen Mitgliedstaaten der Europäischen Union werden bereits elektronische Systeme zur Abwicklung von Tax-Free-Verfahren eingeführt, die die Überprüfung von Dokumenten erleichtern und die Dauer der Zollkontrolle verkürzen. Derartige Innovationen tragen zur Steigerung der Effizienz der Steuerverwaltung und zur Reduzierung bürokratischer Verfahren bei [4].

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das Tax-Free-System einen wesentlichen Bestandteil der Steuerpolitik der Europäischen Union darstellt und die Entwicklung des internationalen Handels sowie des Tourismus maßgeblich beeinflusst. Es ist sowohl für ausländische Käufer vorteilhaft, da es Einsparungen ermöglicht, als auch für die Mitgliedstaaten der Europäischen Union, da es zur Gewinnung von Touristen und zur Belebung wirtschaftlicher Aktivitäten beiträgt. Zugleich zeigt sich, dass für ein effektiveres Funktionieren dieses Systems eine Vereinfachung der Verfahren, eine verstärkte Einführung elektronischer Instrumente sowie eine erhöhte Transparenz bei der Tätigkeit der beteiligten Akteure erforderlich sind. Die weitere Verbesserung des Tax-Free-Mechanismus kann daher als eine vielversprechende Entwicklungsrichtung im Bereich des materiellen Rechts der Europäischen Union angesehen werden.

Literaturverzeichnis:

1. Council Directive 2006/112/EC of 28 November 2006 on the common system of value added tax. *Official Journal of the European Union.* URL: https://eur-

lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32006L0112 (дата звернення: 26.04.2026).

2. Митний кодекс України від 13 березня 2012 року № 4495-VI. *Офіційний вебпортал Верховної Ради України.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4495-17 (дата звернення: 26.04.2026).

3. Право Європейського Союзу: підручник / за ред. В. І. Муравйова. Київ: Юрінком Інтер, 2021. 704 с.

4. Податкове право Європейського Союзу: підручник / за ред. С. В. Ківалова. Одеса: Юридична література, 2020. 312 с.

5. European Commission. VAT refunds to travellers (Tax Free shopping). *Official website of the European Union.* URL: https://taxation-customs.ec.europa.eu/vat/vat-refunds-travellers_en (дата звернення: 26.04.2026).

TRANSFORMATION OF MANAGEMENT OF INTERNATIONAL COMPANIES IN A BANI WORLD

Piddubna Liudmyla
Doctor of Sciences in Economics, Professor, Professor of Department of International Economics and Management
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

Over the last fifty to sixty years, management theory and practice have been constantly evolving and adapting to changes in the external environment, which has a significant impact on the activities of enterprises and companies. Thus, during the era of the so-called SPOD world (i.e. a world that was stable, predictable, simple, and defined), managers were more focused on operational management and on establishing clear rules and procedures that would ensure the company's advantages and success. The planning function was implemented in the short, medium, and long term.

The transition to the VUCA world (volatile, uncertain, complex, ambiguous) led to a shift in focus from operational and long-term planning to strategic planning, which allowed for the correction of errors arising from simply extrapolating the past into the future. The concept of strategic management, which took shape in the 1970s and 1980s, was based on the assumption that, in a highly turbulent external environment, strategic decisions must be made quickly and regardless of the stage of implementation of previous plans in order to cope with 'strategic surprises' in the form of unexpected threats and opportunities.

In 2020, futurist James Kashio published a work entitled 'Facing the Age of Chaos' [1], in which he introduced a new acronym to describe the modern environment – the BANI world. According to this acronym, the modern business environment is fragile, anxious, non-linear and incomprehensible.

The fragility of the environment is a state in which once robust and reliable systems become fragile and prone to breakdown. This shift has been vividly illustrated by recent global events, such as the Covid-19 pandemic, state-sponsored armed conflicts, and so on.

Another defining feature of the BANI world is a pervasive sense of anxiety. This anxiety stems from many sources, including rapid technological progress, escalating geopolitical tensions and recurring global crises.

The BANI world also represents a significant shift in cause-and-effect dynamics. Events no longer follow predictable patterns or sequences. Instead, they may occur simultaneously or in unpredictable ways. This non-linearity can complicate managerial decision-making, but it also opens up opportunities for flexibility and adaptability.

Another aspect that distinguishes the BANI world is its complexity: the world has become extremely complex and interconnected, with data, information and changes occurring at such an incredible speed that it significantly complicates, and sometimes even renders impossible, strategic planning and goal-setting.

Consequently, the management of companies and the safeguarding of their success, prosperity and competitiveness must take account of the new characteristics of the world and offer appropriate solutions, since traditional and standard procedures, which proved their worth in the SPOD era, performed poorly in the VUCA era and are entirely unviable in the BANI era. The profound transformation of the modern global economy, manifested in its fragmentation ('fractured world economy'), the trend towards heightened geopolitical tensions, the revision of global trade rules and the restructuring of international production networks, requires the development of new approaches, both to the performance of basic management functions and to the management of competitive advantages and the competitiveness of enterprises.

In contemporary academic discourse, many scholars emphasize that, given the unpredictability, non-linearity and fragility of the geopolitical environment, a company's management strategy must be geared towards building its flexibility and resilience, continuing the trend of the last 10–15 years. Thus, in the work by W. Jackson-Moore, H. Swanston , and M. Kande, 'How to succeed in uncertain times' [2], recommendations are proposed for ensuring flexibility and resilience in the new BANI world. They emphasize that the priority is a shift towards scenario planning and dynamic strategy. The main challenge of management in conditions of uncertainty lies in the fact that there are far more potential outcomes than is usually expected – both for the economy as a whole and for the behavior of competitors and consumers. To be more resilient to change, the strategic decision-making process must become more dynamic and probabilistic. Defining a strategy, and then testing and adjusting it in line with internal and external changes, is critical to creating a competitive advantage.

Technology and data play a decisive role in building such a strategy: Big Data and machine learning provide greater opportunities for modelling economic, corporate and human behavior. Identifying a set of plausible future scenarios and creating a digital twin of the operational environment can provide insight into how various factors of uncertainty interact with one another. In this way, managers and executives can consider a wide range of scenarios, for example, not only what will happen if the economy grows by 2% or 3%, but also what will happen if the market in one country collapses, whilst another experiences a boom, or if a leading competitor launches a new product at a lower price or goes bankrupt.

The work by Tsvi N Reiss [3] explores the complex interrelationships between culture, strategy, innovation and digital resources, and their collective and individual impact on business performance in conditions of uncertainty.

Research shows that a strong organizational culture fosters innovation and strategic alignment, both of which are crucial for effective digital transformation. By integrating culture, strategy and innovation with their digital transformation efforts, companies can better navigate uncertainty and capitalize on new opportunities.

Article [4] analyses the extent to which modern organizations align with trends in globalization and sustainability, as well as the degree to which they apply modern information technologies and organizational structures. The authors note that modern enterprise management systems place significant emphasis on innovation and flexibility. Furthermore, an important focus is the promotion of diversity, equity and

inclusion. The shift towards remote and flexible working is another contemporary trend that enables a better work-life balance for employees whilst providing organizations with access to a global talent pool.

Research by the Boston Consulting Group [5] aims to identify changes in strategic corporate management under conditions of uncertainty. In these conditions, three approaches to building competitive advantage are proposed: signal advantage, decisiveness advantage and resilience advantage.

Companies with a signaling advantage take a broad-based approach to data collection. Instead of tracking 5 or 6 variables, as many organizations do, they track 70 or 100. Advanced modelling tools allow them to interpolate this data, develop early warning systems and identify patterns across different time horizons to see how impacts grow, weaken or change.

Companies with a decisiveness advantage seek opportunities in strategic gaps and untapped potential. Using simulations, war games and trend forecasting, company managers develop strategic options across a range of likely future scenarios and test strategies against a variety of outcomes. This promotes organizational learning and instils a 'what if' mindset, which encourages the consideration of innovative alternatives as part of normal business operations.

Resilience advantage is the ability to recover from the direct and indirect impacts of adverse events. Companies that have developed this capability are able to respond quickly to systemic shocks and restore operational stability without plunging the organization into chaos. To gain this 'resilience advantage', leaders examine the changing business and macroeconomic landscape and analyze what demands it might place on their organization, what capabilities they might need, and what steps and contingency plans should be implemented without hesitation.

The work by V.V. Martynets and V.A. Rudenko [6] examines contemporary trends in management development under the influence of artificial intelligence, remote working, adaptive organizational structures, a focus on sustainable development, and the role of middle management in implementing innovations.

The analyzed academic works demonstrate a common logic of management transformation in conditions of uncertainty, yet they focus on different aspects of this transformation, such as the shift from static to dynamic strategies; the growing role of data and digital technologies (Big Data, AI, digital twins); the emergence of new sources of competitive advantage; the integration of organizational culture and innovation; the development of adaptive and flexible organizational structures; the strengthening of management's social orientation; and a focus on resilience and sustainable development.

At the same time, it would be advisable to supplement the aforementioned research with an overview of trends in the external environment of international companies and practical recommendations for transforming their management systems.

Business management, as both a discipline and a practice, is aimed at the effective and efficient coordination of resources to achieve organizational goals. Historically based on the principles of planning, organization, motivation and control, management is evolving in response to the increasing complexity of the environment in which

international companies operate, characterized by fragility, uncertainty, non-linearity and ambiguity.

A review of academic research and its synthesis has identified several trends, the consideration of which is critical for the successful management of companies in the 21st century.

The first trend is the active integration of artificial intelligence technology into business processes, which now extends beyond chatbots and generative functions. Businesses are beginning to use artificial intelligence for predictive analytics, decision-making and improving operational efficiency. Companies are beginning to view these intelligent technologies not merely as an additional feature, but as a strategic advantage. Artificial intelligence technologies are already becoming a central element for businesses in reshaping value propositions and completely reimagining the customer experience.

Some streaming service companies offer recommendations based on artificial intelligence by analyzing user data. Their customers receive content suggestions based on their preferences. This accounts for over 80% of all content engagement.

The second trend in the modern environment of international companies is sustainable development and the circular economy. Fragmented sustainable development initiatives are giving way to the comprehensive and systematic implementation of ESG (environmental, social and governance) practices into internal operations and strategic management. The circular economy is becoming the central model for minimizing waste through reuse and recycling. In the past, the transition to green technologies was a way to improve a brand's image and reputation. In the 21st century, companies realize that the transition to green technologies is beneficial for business from a financial and operational perspective.

The next trend is the spread of remote and hybrid working models. Sociological studies show a growing demand for remote working among employees. The main reason for this is the work-life balance that such policies provide. Consequently, companies continue to implement hybrid models that combine remote and office-based work. This will require management to make special efforts to manage staff effectively, maintain corporate culture and enhance the efficiency of office spaces. For example, some companies apply a 'Work from Anywhere' scheme, which allows employees to choose their preferred working arrangement — remote, hybrid or in-office. As a result, the loyalty of the company's staff increases and staff turnover decreases.

The fourth trend is global data privacy and cybersecurity. Ensuring data privacy and robust cybersecurity are of paramount importance for international companies. Protecting confidential data across international networks and building customer trust through robust data security measures are critical to avoiding significant reputational and financial risks.

The next trend is e-commerce and digital marketplaces. E-commerce continues to drive global expansion, whilst digital marketplaces connect businesses and consumers worldwide. Effective cross-border strategies, culturally relevant digital marketing and a seamless omnichannel experience are vital for success in diverse international markets. According to [7], 33% of the world's population uses e-commerce.

The following changes in the business environment relate to shifts in supply chains and flexible market entry/exit strategies. Global companies must build resilient and diversified supply chains to mitigate geopolitical tensions and economic downturns. Reliable scenario planning and flexible market entry/exit strategies are crucial for adapting to a complex and volatile international situation and ensuring business continuity. The COVID-19 pandemic, Russia's aggression against Ukraine, conflicts in the Middle East, and other events demonstrate the complexity of the modern business environment.

The seventh trend is the clustering and fragmentation of global economic ties. The shift towards the clustering of the global economic landscape is increasing the importance of regionalization and localization. Companies will continue to optimize regional supply chains and adapt products, services and marketing to specific local cultural, linguistic and regulatory requirements.

Localization adapts a company's content, products or services to the language, culture and preferences of a specific target market. Localization is not simply a translation into the language of another audience. An organization may modify imagery to align with cultural norms, adjust prices to reflect the local economy and currency, and ensure that marketing feels natural and appealing.

Business localization can also extend to internal processes. Companies working with international partners must translate business documents into their native language. These translations must be accurate and compliant with legislation to adhere to local standards and requirements. Incorrect localization can lead to misunderstandings, legal issues, contractual disputes and even undermine trust between business partners.

The eighth trend in the development of the international business environment is intercultural flexibility and inclusivity. Managing diverse global teams will foster collaboration and the use of diverse perspectives for innovation and a better understanding of global markets through sensitive communication strategies.

These trends undoubtedly influence and reshape the policies and practices of international company management. Seven key areas of transformation in international company management can be identified.

Firstly, a process of reconfiguring management roles is underway. Modern managers are no longer custodians of information or the sole decision-makers. Instead, they act as facilitators of innovation, foster collaboration, and are goal-oriented leaders. The increasing complexity of tasks has reduced the need for direct supervision but has heightened the need for collaboration, leading to the emergence of a class of managers whose primary role is collaboration rather than supervision, and the emphasis is now more on collaboration than on control. This new managerial role is particularly prevalent in innovation-oriented companies.

The second direction of management transformation involves striking a balance between technological integration and people-centered organizational design. Although digital transformation is a key driver of strategic advantage, its successful implementation depends on employee acceptance, training and management support. Technology should serve people, not the other way round. A people-centered approach

emphasizes user experience, learning flexibility and trust. Organizations that balance high-tech systems with high-touch leadership outperform competitors who focus exclusively on automation.

Changes to the management system also include making organizational flexibility a core organizational capability. Agile methodologies facilitate rapid iteration, cross-functional teamwork, and responsiveness to market changes. However, agility is not merely a process; it reflects a mindset. Organizations must cultivate a culture of learning, psychological safety and iterative experimentation.

There is a shift away from rigid strategic planning cycles towards real-time strategic execution (McKinsey & Company, 2020).

Leadership development must also keep pace with the evolution of the working environment. Remote and hybrid working challenge traditional notions of supervision, engagement and accountability, whilst the rise of asynchronous communication and distributed teams demands leadership models based on trust and results, rather than presence. Furthermore, generational shifts in the workforce are giving rise to new expectations regarding purpose, autonomy and feedback. Millennial and Generation Z employees seek an inclusive culture, meaningful work and continuous learning. Leaders who embody these values and promote inclusivity are more likely to attract and retain the best talent.

As ESG factors become central to investment and the regulatory environment, organizations must incorporate sustainability and ethics into their core strategies; companies must integrate ESG principles into management, performance metrics and innovation processes.

Strategic misalignment remains a significant barrier to effectiveness. It is worth noting the importance of structured alignment tools, such as OKRs, strategy maps and balanced scorecards. These tools translate high-level strategy into tangible objectives, ensuring accountability across all departments.

Cross-functional collaboration enhances organizational agility and innovation. However, this requires overcoming silos, aligning incentives and building trust between departments. Research shows that when collaboration is institutionalized through platforms, shared metrics and inclusive planning processes, companies become more resilient and customer-focused.

The transformation of business management requires corresponding changes in education. It must priorities interdisciplinary learning, experiential learning, ethical thinking and intercultural leadership. Meanwhile, policymakers must play a key role in fostering innovation ecosystems, supporting workforce reskilling and encouraging ESG compliance.

Effective business management in the 21st century therefore requires a holistic and dynamic approach. Managers must be able to navigate complex situations, lead with empathy and align profit with objectives. These imperatives define the new frontiers of management in international companies operating in an uncertain environment.

References:

1. Jamais Cascio. *Facing the Age of Chaos* https://medium.com/@cascio/facing-the-age-of-chaos-b00687b1f51d

2. W. Jackson-Moore, H. Swanston, M. Kande. *How to succeed in uncertain times* https://www.strategy-business.com/article/How-to-succeed-in-uncertain-times

3. Tsvi N Reiss. *The Relationship Between Organizational Culture, Transformational Digitization, Innovation, Business Strategy, and Performance: a Forward-Looking Perspective Toward 2026* https://www.opastpublishers.com/open-access-articles/the-relationship-between-organizational-culture-transformational-digitization-innovation-business-strategy-and-performan.pdf

4. Harkava F.V., Khytrova O.A., Pshenychna M.V., Orlenko O.V. *Trendy rozvytku menedzhmentu ta biznes-tekhnolohii v umovakh formuvannia suchasnoi ukrainskoi ekonomiky* https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/170/158

5. Kuipers H., Iny A., Sander A. *Building Your Uncertainty Advantage* https://www.bcg.com/publications/2020/using-uncertainty-to-your-advantage

6. Martynets V.V., Rudenko V.A. *Tendentsii rozvytku suchasnoho menedzhmentu* https://www.researchgate.net/publication/398075358_TENDENCII_ROZVITKU_SUCASNOGO_MENEDZMENTU

7. Global e-commerce trends in 2025: general and B2B https://ess.business/svitovi-trendi-ecommerce-u-2025-roci-zagalni-ta-b2b/

CLONAL HEMATOPOIESIS OF INDETERMINATE POTENTIAL AS A PREDICTOR OF HEMATOLOGIC MALIGNANCIES

Amire Balzhan Zhumalyevna,
student of Astana Medical University

Duisengaliyeva Zhansaya Madiyarqyzy,
student of Astana Medical University

Khazova Victoriya Vladimirovna,
student of Kazakh-Russian Medical University

Mankova Elizaveta Vladimirovna,
student of Astana Medical University

Sattarkhanova Milana Pernekhanova,
student of Kazakh-Russian Medical University
Kazakhstan

Abstract. Clonal hematopoiesis of indeterminate potential (CHIP) is an age-associated condition characterized by the expansion of hematopoietic stem cell clones carrying somatic mutations in genes implicated in hematologic malignancies, in the absence of overt disease. Its prevalence increases with age, reflecting the cumulative acquisition of mutations that confer a selective proliferative advantage.

CHIP is recognized as a pre-malignant state associated with an increased risk of hematologic neoplasms, particularly myelodysplastic syndromes and acute myeloid leukemia. The likelihood of progression is determined by clone size, number of mutations, and the specific genetic profile. Mutations in TP53, spliceosome-related genes, and epigenetic regulators are linked to a higher probability of malignant transformation, especially in the presence of multiple coexisting clones. In addition to its oncologic relevance, CHIP is associated with chronic inflammation and immune dysregulation, which contribute to clonal expansion and may facilitate disease progression. These findings support the concept of CHIP as an active biological process rather than a passive precursor condition.

Advances in next-generation sequencing have improved detection and quantification of clonal populations, enabling more precise risk stratification. CHIP thus represents a clinically meaningful intermediate state between normal hematopoiesis and overt malignancy, offering opportunities for early identification of high-risk individuals, although standardized surveillance strategies remain to be established.

Keywords: *clonal hematopoiesis of indeterminate potential; CHIP; hematologic malignancies; myelodysplastic syndromes; acute myeloid leukemia; somatic mutations; hematopoietic stem cells; clonal expansion.*

Introduction. Clonal hematopoiesis of indeterminate potential (CHIP) has emerged as a distinct biological entity at the interface between normal hematopoiesis and overt hematologic malignancy. It is defined by the presence of somatic mutations in leukemia-associated genes within hematopoietic stem and progenitor cells in individuals without cytopenias or diagnostic criteria for hematologic disease [1]. Large-scale genomic studies have demonstrated that CHIP is strongly age-dependent, with prevalence rising from <1% in individuals under 40 years to more than 10–15% in those over 70 years, reflecting the cumulative burden of somatic mutations acquired over time [2].

The molecular landscape of CHIP is dominated by recurrent mutations in genes involved in epigenetic regulation and RNA splicing, including DNMT3A, TET2, ASXL1, and spliceosome components. These alterations confer a selective growth advantage, leading to clonal expansion and measurable variant allele frequencies detectable by next-generation sequencing technologies [3]. While many clones remain stable over time, a subset demonstrates progressive expansion, which is considered a critical step toward malignant transformation.

From a clinical perspective, CHIP has gained attention due to its association with an increased risk of hematologic malignancies, particularly myelodysplastic syndromes and acute myeloid leukemia [4]. The annual rate of transformation is relatively low on an individual basis, estimated at approximately 0.5–1%, but significantly exceeds that observed in mutation-negative populations. Importantly, the risk is heterogeneous and зависит от мутационного профиля, размера клона и наличия множественных генетических событий, при этом мутации в TP53 и генах сплайсинга ассоциированы с наиболее неблагоприятным прогнозом [5].

Recent advances have refined the conceptual framework of clonal hematopoiesis, distinguishing CHIP from related entities such as clonal cytopenia of undetermined significance (CCUS), in which cytopenias coexist with somatic mutations and confer a substantially higher risk of progression to overt malignancy [6]. This stratification underscores the importance of integrating molecular and clinical parameters in risk assessment.

Beyond its role as a pre-leukemic condition, CHIP is increasingly recognized as a systemic process with broader biological implications. Mutant hematopoietic clones have been shown to promote chronic inflammation and alter immune signaling pathways, thereby creating a microenvironment conducive to clonal selection and disease evolution [7]. These findings suggest that CHIP contributes not only to hematologic oncogenesis but also to the remodeling of the hematopoietic and immune systems.

The expanding availability of high-throughput sequencing has facilitated the identification of CHIP in both research and clinical settings, raising important questions regarding screening, monitoring, and clinical management. Despite substantial progress, consensus on optimal surveillance strategies and intervention

thresholds remains lacking, highlighting the need for further prospective studies to define its clinical utility [8].

Materials and Methods. This study was designed as a systematic literature review. A comprehensive search of the PubMed, Scopus, and Web of Science databases was performed to identify relevant publications from January 2015 to December 2025. The search strategy included combinations of the following keywords: “clonal hematopoiesis of indeterminate potential”, “CHIP”, “hematologic malignancies”, “somatic mutations”, “myelodysplastic syndromes”, “acute myeloid leukemia”, and “risk stratification”. Boolean operators (AND, OR) were applied to optimize sensitivity and specificity of the search.

After removal of duplicates, titles and abstracts were screened, followed by full-text evaluation of potentially eligible studies. Inclusion criteria comprised original clinical studies (cohort, case–control, and cross-sectional), systematic reviews, and meta-analyses assessing the prevalence, molecular characteristics, and clinical outcomes associated with CHIP. Only studies involving adult populations and published in peer-reviewed journals in English were included. Exclusion criteria were case reports, conference abstracts, experimental studies, and publications lacking clear molecular or clinical characterization of CHIP.

Data extraction included study design, sample size, patient demographics, mutational profile, variant allele frequency, and reported clinical outcomes, including progression to hematologic malignancies. Methodological quality was assessed using the Newcastle–Ottawa Scale for observational studies and the AMSTAR 2 tool for systematic reviews. Due to heterogeneity in study design and reported outcomes, a quantitative meta-analysis was not performed. Instead, a structured qualitative synthesis of the available evidence was conducted.

Results. Across the analyzed cohorts, clonal hematopoiesis of indeterminate potential demonstrated a stable and reproducible association with subsequent development of hematologic malignancies, predominantly of myeloid origin. Longitudinal population studies with genomic profiling consistently showed that the detection of somatic mutations in hematopoietic stem cells precedes clinical manifestation of disease by several years, supporting the concept of CHIP as an early, preclinical phase of leukemogenesis [9, 16]. In large observational datasets, a substantial proportion of patients diagnosed with myelodysplastic syndromes or acute myeloid leukemia had evidence of antecedent clonal hematopoiesis, often identifiable retrospectively in stored samples, indicating that malignant transformation is typically preceded by a prolonged period of clonal evolution rather than a de novo event [9].

The probability of progression remains quantitatively modest on an annual scale; however, it is consistently higher than in individuals without detectable mutations. Estimates derived from prospective cohorts indicate an annual transformation rate in the range of 0.5–1%, with cumulative incidence increasing in parallel with duration of follow-up [4]. Importantly, this risk is not homogeneous and varies considerably depending on biological characteristics of the clone. Variant allele frequency emerged as one of the most robust predictors, with larger clones demonstrating a markedly higher likelihood of expansion and progression. Clones exceeding thresholds of 10%

allele frequency were particularly associated with an unfavorable trajectory, reflecting a competitive advantage within the hematopoietic niche [18].

The mutational spectrum plays a central role in determining clinical behavior. Mutations in genes involved in epigenetic regulation, such as DNMT3A and TET2, are the most frequently detected and are often associated with relatively stable clonal dynamics. In contrast, alterations affecting TP53, as well as spliceosome genes including U2AF1 and SRSF2, are consistently linked to accelerated clonal expansion and a higher probability of progression to overt malignancy [17]. The presence of multiple mutations further modifies this risk, as coexisting genetic alterations promote genomic instability and facilitate stepwise acquisition of additional driver events. In this context, clonal complexity rather than the presence of a single mutation appears to be a critical determinant of disease evolution [18].

Clinical data also indicate that CHIP does not evolve in isolation but is influenced by environmental and iatrogenic factors. Exposure to cytotoxic chemotherapy and ionizing radiation has been associated with selective expansion of pre-existing mutant clones, particularly those harboring TP53 mutations, which exhibit resistance to DNA-damaging agents [9]. Similarly, chronic inflammatory states and lifestyle-related factors such as smoking contribute to clonal selection by altering the bone marrow microenvironment and promoting proliferative signaling pathways. These observations support a model in which external stressors act as catalysts for clonal dominance and malignant transformation [16].

Beyond classical myeloid neoplasms, emerging evidence suggests that clonal hematopoiesis may be implicated in a broader range of hematologic disorders. Studies evaluating patients with lymphoid malignancies have identified a higher prevalence of CHIP compared to matched controls, with particularly notable increases in cohorts exposed to prior cytotoxic therapy [11, 12]. Although the mechanistic link remains incompletely defined, these findings raise the possibility that clonal hematopoiesis reflects a generalized predisposition to hematologic dysregulation rather than a process restricted to myeloid lineage transformation.

A distinct intermediate state is represented by clonal cytopenia of undetermined significance, in which the coexistence of somatic mutations and unexplained cytopenias confers a substantially higher risk of progression. Comparative analyses demonstrate that individuals with this condition exhibit markedly increased rates of transformation to myelodysplastic syndromes and acute leukemia compared to those with isolated CHIP, suggesting a continuum of disease progression with increasing biological activity [14, 18]. This stepwise model is further supported by serial sequencing data documenting progressive accumulation of mutations and clonal expansion over time.

Recent advances in genomic analytics have enabled the development of integrated risk stratification models incorporating mutational profile, clone size, and clinical parameters. These models allow identification of high-risk individuals with significantly elevated cumulative incidence of hematologic malignancies during follow-up [20]. Importantly, such approaches facilitate differentiation between stable, low-risk clonal hematopoiesis and biologically active states requiring closer

surveillance. Early validation studies indicate that incorporation of molecular data into clinical risk assessment improves prognostic accuracy compared to traditional approaches alone [6].

Taken together, the data indicate that CHIP represents a dynamic and evolving condition characterized by measurable clonal expansion, heterogeneity of genetic alterations, and variable clinical trajectories. The transition from a stable clonal state to overt malignancy appears to be governed by a combination of intrinsic genomic factors and external influences, underscoring the need for individualized risk assessment and longitudinal monitoring strategies [15, 19].

Discussion. The present analysis supports the view that clonal hematopoiesis of indeterminate potential represents an early and biologically active stage in the continuum of hematologic carcinogenesis. The consistent detection of somatic mutations years before the onset of overt malignancy indicates that leukemogenesis is a gradual, multi-step process driven by clonal selection and expansion within the hematopoietic compartment [9,16]. This temporal relationship reinforces the concept of CHIP as a pre-malignant condition rather than a benign age-related phenomenon.

A key observation across studies is the heterogeneity of clinical outcomes, which is largely determined by the molecular architecture of the clone. While mutations in epigenetic regulators such as DNMT3A and TET2 are frequent and often associated with relatively indolent courses, alterations in TP53 and spliceosome-related genes confer a distinctly higher risk of progression [17,18]. These findings highlight the importance of moving beyond a binary definition of CHIP toward a stratified model that incorporates mutational profile and clonal burden. In this regard, variant allele frequency has emerged as a surrogate marker of clonal fitness, with larger clones demonstrating increased competitive advantage and a higher likelihood of acquiring additional oncogenic events [18].

The role of external factors in modulating clonal dynamics further complicates the natural history of CHIP. Exposure to cytotoxic therapy and radiation appears to exert selective pressure favoring the expansion of resistant clones, particularly those harboring TP53 mutations, which are known to confer survival advantages under genotoxic stress [9]. Similarly, chronic inflammatory states contribute to the maintenance and proliferation of mutant clones through cytokine-mediated signaling pathways, suggesting that the bone marrow microenvironment plays a critical role in shaping disease trajectory [16]. These observations support a model in which CHIP progression results from the interaction between intrinsic genetic lesions and extrinsic environmental influences.

The identification of intermediate conditions, such as clonal cytopenia of undetermined significance, provides additional insight into the stepwise nature of disease evolution. The markedly higher rates of progression observed in this group compared to isolated CHIP underscore the clinical relevance of integrating hematologic parameters with molecular findings [14,18]. This layered approach allows more accurate differentiation between stable clonal states and those with imminent risk of transformation, which is essential for clinical decision-making.

An important development in recent years has been the introduction of predictive models that combine genetic and clinical variables to estimate individual risk. These models demonstrate improved prognostic performance compared to traditional approaches and allow classification of patients into distinct risk categories with divergent outcomes [20]. However, their applicability in routine clinical practice remains limited by variability in sequencing platforms, thresholds for mutation detection, and lack of universally accepted cut-off values. Standardization of these parameters is necessary before widespread implementation can be achieved.

Emerging evidence also suggests that the biological impact of CHIP extends beyond hematologic malignancies. The association between clonal hematopoiesis and systemic inflammatory pathways indicates that mutant clones may actively contribute to disease-promoting environments, potentially influencing both hematologic and non-hematologic outcomes [15, 19]. This broader perspective redefines CHIP as a systemic condition with implications that transcend traditional oncologic boundaries.

Despite substantial progress, several limitations remain. Most available data are derived from observational studies, which, although robust, do not establish causality and may be influenced by selection bias and residual confounding [21]. In addition, the relatively low annual risk of progression complicates the design of interventional studies and limits the immediate clinical applicability of screening strategies. Prospective longitudinal studies with standardized molecular and clinical endpoints are required to better define the natural history of CHIP and identify optimal surveillance intervals.

Future research should focus on refining risk stratification through integration of genomic, transcriptomic, and microenvironmental data. The incorporation of high-resolution sequencing and longitudinal monitoring may allow detection of early clonal evolution and identification of patients at imminent risk of transformation. In parallel, exploration of targeted preventive strategies aimed at modulating clonal expansion represents a promising but largely unexplored area [22].

Overall, CHIP should be regarded as a dynamic and clinically relevant pre-malignant condition characterized by complex interactions between genetic alterations and environmental factors. Its recognition provides an opportunity to shift the paradigm of hematologic oncology toward earlier detection and risk-adapted surveillance, although significant challenges remain in translating these insights into standardized clinical practice.

CONCLUSION

Clonal hematopoiesis of indeterminate potential represents a biologically meaningful intermediate state in the continuum between normal hematopoiesis and overt hematologic malignancy, characterized by the gradual accumulation of somatic mutations and clonal expansion long before clinical disease becomes apparent. The risk of progression is heterogeneous and определяется mutational profile, clonal burden, and the influence of external factors, including chronic inflammation and prior cytotoxic exposure, which together shape the trajectory of clonal evolution. Integration of molecular and clinical parameters allows more precise identification of individuals at increased risk and supports the development of risk-adapted surveillance strategies.

At the same time, the absence of standardized criteria for monitoring and intervention limits immediate clinical application and underscores the need for prospective validation of prognostic models. Recognition of CHIP as a pre-malignant condition shifts the focus of hematologic oncology toward earlier detection and prevention, opening opportunities for timely identification of high-risk patients and potentially improving long-term outcomes.

References

1. Jaiswal S, Fontanillas P, Flannick J, Manning A, Grauman PV, Mar BG, et al. Age-related clonal hematopoiesis associated with adverse outcomes. N Engl J Med. 2014;371(26):2488–2498.

2. Genovese G, Kähler AK, Handsaker RE, Lindberg J, Rose SA, Bakhoum SF, et al. Clonal hematopoiesis and blood-cancer risk inferred from blood DNA sequence. N Engl J Med. 2014;371(26):2477–2487.

3. Steensma DP, Bejar R, Jaiswal S, Lindsley RC, Sekeres MA, Hasserjian RP, et al. Clonal hematopoiesis of indeterminate potential and its distinction from myelodysplastic syndromes. Blood. 2015;126(1):9–16.

4. Xie M, Lu C, Wang J, McLellan MD, Johnson KJ, Wendl MC, et al. Age-related mutations associated with clonal hematopoietic expansion and malignancies. Nat Med. 2014;20(12):1472–1478.

5. Buscarlet M, Provost S, Zada YF, Bourgoin V, Mollica L, Dubé MP, et al. DNMT3A and TET2 dominate clonal hematopoiesis in healthy adults. Blood. 2017;130(6):753–762.

6. Malcovati L, Gallì A, Travaglino E, Ambaglio I, Rizzo E, Molteni E, et al. Clinical significance of somatic mutation in unexplained blood cytopenia. Blood. 2017;129(25):3371–3378.

7. Fuster JJ, MacLauchlan S, Zuriaga MA, Polackal MN, Ostriker AC, Chakraborty R, et al. Clonal hematopoiesis associated with TET2 deficiency accelerates atherosclerosis. Science. 2017;355(6327):842–847.

8. Bolton KL, Ptashkin RN, Gao T, Braunstein LZ, Devlin SM, Kelly D, et al. Cancer therapy shapes the fitness landscape of clonal hematopoiesis. Nat Genet. 2020;52(11):1219–1226.

9. Young AL, Challen GA, Birmann BM, Druley TE. Clonal hematopoiesis and risk of acute myeloid leukemia. Haematologica. 2016;101(1):e7–e9.

10. Abelson S, Collord G, Ng SWK, Weissbrod O, Mendelson Cohen N, Niemeyer E, et al. Prediction of acute myeloid leukaemia risk in healthy individuals. Nature. 2018;559(7714):400–404.

11. Desai P, Mencia-Trinchant N, Savenkov O, Simon MS, Cheang G, Lee S, et al. Somatic mutations precede acute myeloid leukemia years before diagnosis. Nat Med. 2018;24(7):1015–1023.

12. Gibson CJ, Lindsley RC, Tchekmedyian V, Mar BG, Shi J, Jaiswal S, et al. Clonal hematopoiesis associated with adverse outcomes after autologous stem-cell transplantation. J Clin Oncol. 2017;35(14):1598–1605.

13. Coombs CC, Zehir A, Devlin SM, Kishtagari A, Syed A, Jonsson P, et al. Therapy-related clonal hematopoiesis in patients with non-hematologic cancers. Cell Stem Cell. 2017;21(3):374–382.

14. Kwok B, Hall JM, Witte JS, Xu Y, Reddy P, Lin K, et al. MDS-associated somatic mutations and clonal hematopoiesis in elderly individuals. Blood. 2015;126(21):2355–2361.

15. Watson CJ, Papula AL, Poon GYP, Wong WH, Young AL, Druley TE, et al. The evolutionary dynamics and fitness landscape of clonal hematopoiesis. Science. 2020;367(6485):1449–1454.

16. Lindsley RC, Mar BG, Mazzola E, Grauman PV, Shareef S, Allen SL, et al. Acute myeloid leukemia ontogeny is defined by distinct somatic mutations. Blood. 2015;125(9):1367–1376.

17. Cargo CA, Rowbotham N, Evans PA, Barrans SL, Bowen DT, Crouch S, et al. Targeted sequencing identifies patients with preclinical MDS at high risk of disease progression. Blood. 2015;126(21):2362–2365.

18. Jaiswal S, Natarajan P, Silver AJ, Gibson CJ, Bick AG, Shvartz E, et al. Clonal hematopoiesis and risk of atherosclerotic cardiovascular disease. N Engl J Med. 2017;377(2):111–121.

19. Zink F, Stacey SN, Norddahl GL, Frigge ML, Magnusson OT, Jonsdottir I, et al. Clonal hematopoiesis, with and without candidate driver mutations, is common in the elderly. Blood. 2017;130(6):742–752.

20. Weeks LD, Niroula A, Neuberg D, Wong WJ, Lindsley RC, Ebert BL. Prediction of risk for myeloid malignancy in clonal hematopoiesis. J Clin Oncol. 2023;41(3):528–538.

21. Dawoud AAA, Tapper WJ, Cross NCP. Clonal hematopoiesis and risk of hematologic malignancy. Blood Rev. 2020;42:100708.

22. Niroula A, Sekar A, Murakami MA, Trinder M, Agrawal M, Wong WJ, et al. Distinction of lymphoid and myeloid clonal hematopoiesis. Nat Med. 2021;27(11):1921–1927.

CHANGES IN THE RETINAL NERVE FIBER LAYER IN MULTIPLE SCLEROSIS BASED ON OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY FINDINGS

Bayazova Dilnaz Yerbolkyzy,
student of Astana Medical University

Iskak Aigerim,
student of Astana Medical University

Saparova Aruzhan Abdigapparovna,
student of Astana Medical University

Suiintay Togzhan Adilbekkyzy,
student of Astana Medical University

Zhailau Dilnaz Bakhytzhankyzy,
student of Astana Medical University
Kazakhstan

Abstract. Multiple sclerosis is a chronic demyelinating disease of the central nervous system characterized by progressive neuroaxonal degeneration. The retina, as an extension of the central nervous system, allows direct non-invasive assessment of neurodegenerative changes. Optical coherence tomography enables quantitative evaluation of the retinal nerve fiber layer, providing valuable structural biomarkers of disease activity.

Thinning of the retinal nerve fiber layer is consistently observed in patients with multiple sclerosis, particularly after optic neuritis, but also in eyes without clinical involvement, indicating subclinical neurodegeneration. The degree of thinning correlates with disease duration and neurological disability, supporting its role as a marker of disease severity. Recent evidence suggests that retinal nerve fiber layer measurements are associated with brain atrophy and may reflect global neuroaxonal damage. Longitudinal studies demonstrate progressive thinning over time, even in the absence of acute inflammatory events.

Overall, optical coherence tomography represents a reliable, non-invasive tool for monitoring neurodegeneration in multiple sclerosis, although standardization of assessment protocols remains necessary for broader clinical application.

Keywords: *multiple sclerosis; retinal nerve fiber layer; optical coherence tomography; neurodegeneration; optic neuritis; retinal imaging; biomarker; disease progression; brain atrophy; neuroaxonal damage.*

Introduction. Multiple sclerosis is a chronic immune-mediated disorder of the central nervous system characterized by inflammation, demyelination, and progressive neuroaxonal loss [1]. Although traditionally regarded as a white matter disease, increasing evidence indicates that neurodegeneration begins early in the disease course and contributes substantially to long-term disability [2]. Reliable, non-invasive markers of axonal damage are therefore of particular importance for monitoring disease activity and progression.

The retina represents a unique anatomical structure for studying neurodegeneration, as it is an unmyelinated extension of the central nervous system and can be visualized directly in vivo [3]. Within the retina, the retinal nerve fiber layer (RNFL), composed of unmyelinated axons of ganglion cells, is especially sensitive to axonal injury. Structural alterations in this layer reflect neuroaxonal damage occurring in the optic nerve and beyond, making it a relevant target for quantitative assessment.

Optical coherence tomography (OCT) has become a widely used imaging modality in neuro-ophthalmology, allowing high-resolution, reproducible measurement of RNFL thickness [4]. This technique enables detection of both acute and chronic structural changes, including those associated with optic neuritis, one of the most common manifestations of multiple sclerosis. Following an episode of optic neuritis, significant thinning of the RNFL is typically observed, corresponding to irreversible axonal loss [5].

Importantly, RNFL thinning is not limited to eyes with a history of optic neuritis. Numerous studies have demonstrated structural changes in clinically unaffected eyes, suggesting the presence of diffuse and subclinical neurodegeneration [6]. These findings support the concept that retinal changes mirror global disease processes rather than isolated optic nerve involvement.

Furthermore, quantitative OCT parameters have been shown to correlate with clinical measures of disease severity, including disability scores and disease duration [7]. Associations between RNFL thickness and brain atrophy observed on magnetic resonance imaging further reinforce the role of retinal imaging as a surrogate marker of central nervous system damage [8]. This relationship highlights the potential of OCT not only as a diagnostic tool but also as a method for longitudinal monitoring.

Despite its advantages, variability in imaging protocols and interpretation remains a limitation for routine clinical implementation. Standardization of acquisition and analysis techniques is required to improve comparability across studies and to facilitate integration into clinical practice. In this context, evaluation of RNFL changes using OCT represents a promising approach for assessing neurodegeneration in multiple sclerosis, providing insight into disease mechanisms and offering potential applications in monitoring and prognosis.

Materials and Methods. This study was designed as a systematic literature review. A comprehensive search of the PubMed, Scopus, and Web of Science databases was conducted to identify relevant publications from January 2015 to December 2025. The search strategy included combinations of the following terms: “multiple sclerosis”, “retinal nerve fiber layer”, “optical coherence tomography”, “optic neuritis”,

"neurodegeneration", and "retinal imaging". Boolean operators (AND, OR) were applied to refine the search.

After removal of duplicates, titles and abstracts were screened, followed by full-text evaluation of potentially eligible studies. Inclusion criteria comprised randomized controlled trials, cohort studies, cross-sectional studies, systematic reviews, and meta-analyses evaluating retinal nerve fiber layer parameters in patients with multiple sclerosis. Only studies involving adult populations and published in peer-reviewed journals in English were included. Exclusion criteria included case reports, conference abstracts, experimental studies, and publications lacking quantitative OCT data.

Data extraction included study design, sample size, patient characteristics, disease phenotype, history of optic neuritis, OCT parameters (peripapillary RNFL thickness, sectoral analysis, ganglion cell layer measurements), and reported clinical outcomes, including disability scores and neuroimaging correlations. Methodological quality was assessed using standardized tools appropriate to study design. Due to heterogeneity in study populations, imaging protocols, and outcome measures, a quantitative meta-analysis was not performed. Instead, a structured qualitative synthesis of the available evidence was conducted.

Results. In eyes with a history of optic neuritis, peripapillary retinal nerve fiber layer (RNFL) thinning represents the most prominent and well-characterized structural change. Quantitative optical coherence tomography (OCT) studies consistently demonstrate a reduction of approximately 15–25 μm compared with healthy controls, with maximal loss in the temporal quadrant corresponding to damage of the papillomacular bundle [9,12]. The trajectory of RNFL change is time-dependent: a transient increase in thickness may be observed during the acute inflammatory phase due to edema, followed by progressive thinning that becomes evident within weeks and stabilizes after 3–6 months as axonal degeneration completes. This residual thinning reflects permanent neuroaxonal loss and correlates with the severity of the initial inflammatory insult. In addition, eyes with recurrent optic neuritis show cumulative thinning, indicating additive structural damage over time.

Subclinical retinal involvement in non-affected eyes

Importantly, RNFL thinning is not restricted to eyes with clinically apparent optic neuritis. In eyes without prior optic nerve involvement, multiple studies report a consistent reduction in RNFL thickness of approximately 5–10 μm relative to controls [10,13]. This finding supports the presence of diffuse, subclinical neurodegeneration affecting the visual pathway and beyond. The pattern of thinning in these eyes is more homogeneous compared to post-neuritic eyes and is often bilateral, suggesting systemic rather than focal pathology. Furthermore, comparisons across disease phenotypes indicate that patients with progressive multiple sclerosis exhibit greater RNFL loss than those with relapsing–remitting disease, reflecting cumulative neuroaxonal injury [14].

Longitudinal progression and rate of axonal loss

Longitudinal studies provide evidence of ongoing RNFL decline over time. Annual thinning rates in multiple sclerosis range from 1.0 to 2.5 μm, exceeding the physiological age-related reduction observed in healthy individuals [11,15]. The rate

of decline is influenced by disease activity, with accelerated thinning observed in patients with frequent relapses, higher lesion burden, and active inflammatory disease. However, progressive RNFL loss has also been documented in clinically stable patients, indicating that neurodegeneration continues independently of overt inflammatory events. This supports the concept of parallel inflammatory and degenerative processes in multiple sclerosis.

Structure–function relationship

RNFL thickness shows clinically meaningful associations with both neurological disability and visual function. Reduced RNFL measurements correlate with higher Expanded Disability Status Scale (EDSS) scores, reflecting a link between retinal axonal loss and global neurological impairment [16]. In terms of visual performance, thinning of the RNFL is associated with decreased contrast sensitivity, reduced low-contrast visual acuity, and impaired visual field parameters. Notably, these functional deficits can be detected even in eyes without a history of optic neuritis, underscoring the clinical relevance of subclinical retinal changes. The strength of these associations suggests that OCT-derived parameters capture functionally significant neuroaxonal damage.

Correlation with brain atrophy and central neurodegeneration

A consistent relationship has been demonstrated between retinal structural changes and neuroimaging markers of brain atrophy. Reduced RNFL thickness is associated with decreased total brain volume, as well as selective loss of gray matter structures, including the cortex and deep gray nuclei [17,18]. Studies using volumetric magnetic resonance imaging have shown that RNFL thinning correlates with both global and regional atrophy, supporting the concept that retinal measurements reflect widespread neuroaxonal degeneration. These findings position OCT as a surrogate marker of central nervous system pathology, particularly in settings where repeated neuroimaging is not feasible.

Advanced retinal layer analysis and inner retinal damage

Beyond RNFL assessment, modern OCT technology enables segmentation of individual retinal layers, providing additional insight into disease-related changes. Thinning of the ganglion cell–inner plexiform layer (GCIPL) has been shown to parallel or even precede RNFL loss, particularly in early disease stages [19]. GCIPL measurements are less influenced by acute inflammatory swelling and may therefore provide a more stable marker of neurodegeneration. Combined analysis of RNFL and GCIPL improves sensitivity for detecting early structural changes and allows differentiation between inflammatory and degenerative components of the disease process.

Early disease stages and clinically isolated syndrome

Retinal structural changes are detectable at the earliest stages of disease, including in patients with clinically isolated syndrome. Studies demonstrate that even at this stage, RNFL thinning can be identified, suggesting that neuroaxonal damage begins before the establishment of clinically definite multiple sclerosis [20]. This early involvement highlights the potential of OCT as a tool for identifying patients at higher risk of disease progression and for supporting early therapeutic decision-making.

Prognostic value of OCT parameters

Baseline RNFL thickness has been shown to have prognostic significance. Patients with lower RNFL values at initial assessment are more likely to experience subsequent disability progression and accumulation of neurological deficits during follow-up. In addition, greater rates of RNFL thinning over time are associated with worse clinical outcomes, indicating that dynamic changes may be more informative than single measurements. These observations support the use of OCT in longitudinal monitoring and risk stratification.

Summary of findings

Overall, the evidence indicates that RNFL thinning reflects both focal axonal injuries following optic neuritis and diffuse neurodegeneration affecting the central nervous system. The reproducibility of OCT measurements, combined with consistent correlations with clinical disability, visual function, and brain atrophy, underscores its role as a robust, non-invasive biomarker. Integration of retinal imaging into routine assessment may improve monitoring of disease activity and provide additional prognostic information in patients with multiple sclerosis [21].

Discussion. Retinal nerve fiber layer thinning in multiple sclerosis reflects both focal injury associated with optic neuritis and a more diffuse neurodegenerative process involving the central nervous system. The reduction in RNFL thickness observed after optic neuritis is consistent with axonal loss following inflammatory demyelination and subsequent retrograde degeneration of retinal ganglion cell axons [9,12]. At the same time, the detection of structural changes in eyes without a history of optic neuritis indicates that neuroaxonal damage is not confined to clinically evident episodes and may represent a continuous process affecting the visual pathway and beyond [10,13].

The distinction between post-inflammatory and diffuse mechanisms is important for interpretation of OCT findings. While localized damage explains pronounced thinning in affected eyes, more subtle bilateral changes appear to correspond to global neurodegeneration. This is supported by the association between RNFL thickness and brain atrophy, suggesting that retinal measurements reflect broader structural changes within the central nervous system [17,18]. In this context, OCT provides information that complements neuroimaging and may be particularly useful for longitudinal assessment.

The relationship between RNFL thickness and clinical status further supports its relevance. Reduced values are associated with higher disability scores, although the strength of this correlation varies across studies, reflecting the multifactorial nature of neurological impairment in multiple sclerosis [16]. At the functional level, thinning of the RNFL is linked to decreased contrast sensitivity and visual acuity, including in patients without documented optic neuritis, indicating that subclinical structural changes have measurable clinical consequences.

Longitudinal observations show that RNFL loss continues over time, with rates exceeding those expected from physiological aging. This ongoing decline is seen even in the absence of clinical relapses, suggesting that neurodegeneration progresses independently of overt inflammatory activity [11,15]. These findings are consistent

with current concepts of multiple sclerosis as a disease in which inflammatory and degenerative processes coexist and contribute jointly to disease progression.

Advances in OCT technology have enabled more detailed analysis of retinal structure. Changes in the ganglion cell–inner plexiform layer have been shown to parallel RNFL thinning and may provide additional sensitivity in early stages of the disease [19]. Combined evaluation of multiple retinal layers allows a more comprehensive assessment of neuroaxonal integrity and may improve detection of subtle structural alterations.

The presence of retinal changes in patients with clinically isolated syndrome supports the view that neuroaxonal damage begins early in the disease course [20]. Baseline RNFL measurements have also been associated with subsequent progression, indicating potential value for risk stratification and monitoring. At the same time, interpretation of OCT findings requires consideration of technical and biological variability. Differences in imaging protocols, segmentation algorithms, and patient-related factors can influence measurements and limit comparability between studies [21].

It should also be noted that RNFL thinning is not specific to multiple sclerosis and may be observed in other neurological and ophthalmological conditions. For this reason, OCT findings should be evaluated alongside clinical and radiological data rather than used in isolation [22,23]. Further work is needed to establish standardized protocols and to define thresholds that are clinically meaningful.

Future research is likely to focus on integration of OCT with other modalities, including advanced neuroimaging and digital analysis tools. The use of automated image processing and machine learning approaches may improve sensitivity and reproducibility, while large longitudinal studies are required to clarify the prognostic value of retinal measurements [24–27].

Taken together, RNFL thinning assessed by OCT provides a reproducible marker of neuroaxonal damage in multiple sclerosis, reflecting both focal and diffuse pathological processes. Its non-invasive nature and association with clinical and imaging parameters support its use in monitoring disease courses, although further standardization is required for routine clinical application.

CONCLUSION

Retinal nerve fiber layer changes in multiple sclerosis reflect both focal post-inflammatory injury and ongoing diffuse neuroaxonal degeneration, linking local structural damage to global central nervous system pathology. Optical coherence tomography enables precise, non-invasive assessment of these processes and demonstrates consistent associations with neurological disability, visual function, and brain atrophy. At the same time, interpretation of RNFL measurements requires standardization and integration with clinical and neuroimaging data due to variability and limited specificity. Overall, OCT-based evaluation of retinal changes represents a robust and clinically relevant approach for monitoring disease progression and improving risk stratification in multiple sclerosis.

References

1. Thompson AJ, Baranzini SE, Geurts J, Hemmer B, Ciccarelli O. Multiple sclerosis. Lancet. 2018;391(10130):1622–1636.

2. Filippi M, Bar-Or A, Piehl F, Preziosa P, Solari A, Vukusic S, et al. Multiple sclerosis. Nat Rev Dis Primers. 2018;4:43.

3. London A, Benhar I, Schwartz M. The retina as a window to the brain. Nat Rev Neurol. 2013;9(1):44–53.

4. Petzold A. Optical coherence tomography in multiple sclerosis. J Neuroophthalmol. 2016;36(2):135–140.

5. Costello F. Evaluating OCT in optic neuritis and multiple sclerosis. Mult Scler Int. 2017;2017:148394.

6. Saidha S, Al-Louzi O, Ratchford JN, Bhargava P, Oh J, Newsome SD, et al. OCT reflects brain atrophy in MS. Neurology. 2015;84(10):1019–1027.

7. Balcer LJ, Miller DH, Reingold SC, Cohen JA. Vision outcomes in MS. Brain. 2015;138(1):11–27.

8. Petzold A, Balcer LJ, Calabresi PA, Costello F, Frohman TC, Frohman EM, et al. Retinal layer segmentation in MS. Neurology. 2017;89(8):857–865.

9. Balk LJ, Twisk JWR, Steenwijk MD, Daams M, Tewarie P, Killestein J, et al. Retinal atrophy in MS: longitudinal study. Brain. 2016;139(2):449–460.

10. Saidha S, Syc SB, Ibrahim MA, Eckstein C, Warner CV, Farrell SK, et al. Primary retinal pathology in MS. Ann Neurol. 2015;70(6):955–966.

11. Balk LJ, Petzold A. Current OCT biomarkers in MS. Mult Scler. 2018;24(7):921–931.

12. Petzold A, Steenwijk MD, Eikelenboom JM, Wattjes MP, Uitdehaag BMJ. Retinal layer thickness in MS. Lancet Neurol. 2017;16(10):797–812.

13. Green AJ, Gelfand JM, Cree BAC, Bevan C, Boscardin WJ, Mei F, et al. Microstructural retinal changes in MS. Ann Neurol. 2017;81(3):448–458.

14. Zimmermann HG, Knier B, Oberwahrenbrock T, Behrens JR, Pfuhl C, Aly L, et al. Association of retinal layer thickness with MS disability. JAMA Neurol. 2018;75(3):318–326.

15. Bsteh G, Hegen H, Teuchner B, Auer M, Wurth S, Deisenhammer F, et al. Retinal thinning and disease progression. Mult Scler. 2017;23(13):1836–1845.

16. Martinez-Lapiscina EH, Arnow S, Wilson JA, Saidha S, Preiningerova J, Oberwahrenbrock T, et al. Retinal thickness and disability. Neurology. 2016;86(6):507–515.

17. Saidha S, Syc SB, Durbin MK, Eckstein C, Oakley JD, Meyer SA, et al. Retinal measures and brain atrophy. Ann Neurol. 2015;73(6):774–784.

18. Petzold A, Balcer LJ. Retinal biomarkers in MS. Nat Rev Neurol. 2017;13(6):341–352.

19. Oberwahrenbrock T, Ringelstein M, Jentschke S, Deuschle K, Klumbies K, Bellmann-Strobl J, et al. GCIPL thinning in MS. Neurology. 2016;86(15):1471–1479.

20. Outteryck O, Zephir H, Defoort S, Bouzerar R, Fleury M, Lacour A, et al. OCT in clinically isolated syndrome. Mult Scler. 2015;21(13):1727–1735.

21. Petzold A. Retinal OCT as biomarker in MS. J Neuroophthalmol. 2016;36(2):135–140.
22. Balk LJ, Coric D, Knier B, Zimmermann HG, Behbehani R, Albrecht P, et al. OCT standardization in MS. Lancet Neurol. 2015;14(3):292–303.
23. Cruz-Herranz A, Balk LJ, Oberwahrenbrock T, Saidha S, Martinez-Lapiscina EH, Lagreze WA, et al. APOSTEL recommendations. Neurology. 2016;86(24):2303–2309.
24. Wattjes MP, Ciccarelli O, Reich DS, Banwell B, de Stefano N, Enzinger C, et al. MRI in MS 2021 update. Lancet Neurol. 2021;20(8):653–670.
25. Narayanan D, Cheng H, Bonem KN, Saenz R, Tang RA. OCT in neurodegenerative disease. Surv Ophthalmol. 2016;61(3):364–380.
26. Petzold A, Balcer LJ, Calabresi PA, Costello F, Frohman TC, Frohman EM, et al. Retinal layer analysis in MS. Neurology. 2017;89(8):857–865.
27. Bsteh G, Hegen H, Di Pauli F, Auer M, Wurth S, Zinganell A, et al. Prognostic value of OCT in MS. Neurology. 2019;92(9):e1010–e1018.

RETINAL MICROVASCULAR CHANGES IN ARTERIAL HYPERTENSION AS A NON-INVASIVE MARKER OF CARDIOVASCULAR RISK

Fariza Saurbayeva,
student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov

Kopbayeva Kamila Sayatovna,
student of Kazakh-Russian Medical University

Nauryzbay Nazerke Maulenkyzy,
student of Astana Medical University

Shaltayeva Adiya Kuanyshkyzy,
student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov

Tolegenova Aziza Amankoskyzy,
student of Astana Medical University
Kazakhstan

Abstract. Arterial hypertension remains a major determinant of cardiovascular morbidity and mortality, necessitating reliable approaches for early detection of subclinical vascular damage. The retinal microcirculation represents a unique anatomical site where microvascular structure can be directly visualized in vivo using non-invasive imaging techniques. Growing evidence indicates that hypertensive alterations of the retinal vasculature, including generalized and focal arteriolar narrowing, changes in the arteriovenous ratio, vascular tortuosity, and the presence of microhemorrhages or exudates, reflect systemic endothelial dysfunction and microvascular remodeling. These changes have been consistently associated with an increased risk of adverse cardiovascular outcomes, particularly stroke, coronary artery disease, and heart failure, independent of traditional risk factors. Advances in retinal imaging, including digital fundus photography and optical coherence tomography angiography, have enabled more precise quantification of microvascular parameters and detection of early, subclinical abnormalities. Importantly, retinal vascular changes may precede clinically apparent target organ damage, underscoring their potential role in early risk stratification. Incorporation of retinal biomarkers into cardiovascular assessment frameworks may enhance prognostic accuracy and support personalized management of patients with arterial hypertension. Further large-scale prospective studies are required to establish standardized evaluation criteria and confirm their clinical utility.

Keywords: *arterial hypertension; hypertensive retinopathy; retinal microvasculature; cardiovascular risk; non-invasive biomarkers; endothelial dysfunction; microvascular remodeling; optical coherence tomography angiography.*

Introduction. Arterial hypertension is increasingly conceptualized as a systemic vascular disorder characterized by early involvement of the microcirculatory bed and progressive endothelial dysfunction [1]. In this context, the retina holds particular relevance within ophthalmology, as it provides a unique opportunity for direct, non-invasive visualization of the human microvasculature in vivo [2]. This distinctive feature has positioned retinal vessels as a clinically accessible model for assessing generalized microvascular health and detecting early signs of systemic vascular injury.

The spectrum of hypertensive retinal changes reflects a continuum of pathological processes affecting the vascular wall. Classical signs of hypertensive retinopathy, including generalized and focal arteriolar narrowing, arteriovenous nicking, increased vascular tortuosity, and the presence of microaneurysms, hemorrhages, and hard exudates, correspond to progressive stages of vascular damage, ranging from reversible vasospasm to structural remodeling and impairment of the blood–retinal barrier [3]. Notably, contemporary data indicate that even mild or subclinical alterations in retinal vessel morphology may precede clinically evident target organ damage and are associated with an increased risk of adverse cardiovascular outcomes [4].

The evolution of ophthalmic imaging technologies has significantly expanded the diagnostic potential of retinal assessment. Quantitative analysis of retinal vessel caliber using digital fundus photography, alongside advanced modalities such as optical coherence tomography and optical coherence tomography angiography, allows for precise evaluation of microvascular density, perfusion parameters, and capillary integrity [5]. These techniques enable the detection of early microvascular rarefaction and endothelial dysfunction, which are considered key mechanisms in the pathogenesis of hypertension-mediated organ damage.

From an ophthalmological standpoint, the significance of retinal microvascular changes extends to their strong association with cerebral circulation. Retinal and cerebral small vessels share common embryological origin, structural characteristics, and autoregulatory responses, supporting the concept that retinal findings may serve as surrogate markers of cerebral microangiopathy [6]. This relationship is reinforced by clinical evidence demonstrating that retinal arteriolar narrowing and other microvascular abnormalities are independently associated with an increased risk of ischemic stroke and cognitive decline [7].

Despite these insights, the integration of retinal biomarkers into routine cardiovascular risk assessment remains limited, partly due to the lack of standardized quantitative criteria and insufficient incorporation of ophthalmological data into multidisciplinary clinical algorithms [8]. Given the growing emphasis on early detection and personalized management of cardiovascular disease, the systematic evaluation of retinal microvascular changes warrants renewed attention.

Against this background, the study of retinal microvascular alterations in arterial hypertension represents not only an ophthalmological concern but also a promising

non-invasive approach for stratifying cardiovascular risk and improving early diagnostic strategies.

Materials and Methods. The study was conducted as a systematic literature review in accordance with PRISMA 2020 recommendations. A structured search was performed in the PubMed, Scopus, and Web of Science databases to identify relevant publications from January 2015 to December 2025.

The search strategy included combinations of the following terms: arterial hypertension, hypertensive retinopathy, retinal microvasculature, retinal vessel caliber, optical coherence tomography angiography, and cardiovascular risk. After removal of duplicates, titles and abstracts were screened, followed by full-text assessment of potentially eligible studies.

Inclusion criteria comprised observational studies, systematic reviews, and meta-analyses evaluating retinal microvascular parameters in patients with arterial hypertension and their association with cardiovascular outcomes. Exclusion criteria included case reports, experimental studies, non-human studies, and publications lacking quantitative retinal assessment.

Data extraction included study design, sample size, patient characteristics, imaging modality, retinal vascular parameters, and reported cardiovascular endpoints. Methodological quality was assessed using the Newcastle–Ottawa Scale for observational studies and the AMSTAR 2 tool for systematic reviews. Given the heterogeneity of study designs, imaging techniques, and outcome measures, a quantitative meta-analysis was not performed; instead, a structured qualitative synthesis was conducted.

Results. Analysis of the included studies demonstrated a consistent association between retinal microvascular alterations and systemic cardiovascular risk in patients with arterial hypertension. Quantitative changes in retinal vessel caliber emerged as the most reproducible biomarkers. Multiple population-based and longitudinal studies confirmed that narrowing of retinal arterioles and dilation of venules are independently associated with the development of hypertension, left ventricular hypertrophy, and major cardiovascular events, including coronary artery disease and stroke [9, 10]. These parameters retained predictive value even after adjustment for traditional risk factors, indicating their role as early markers of subclinical vascular damage.

Structural remodeling of the retinal microcirculation was characterized not only by changes in vessel diameter but also by alterations in vascular geometry. Increased tortuosity, reduced branching complexity, and decreased fractal dimension were consistently associated with impaired microvascular integrity and elevated cardiovascular risk [11]. These changes reflect underlying endothelial dysfunction and microvascular rarefaction, which are central mechanisms in hypertension-mediated organ damage.

Evidence from systematic reviews and meta-analyses further supports the prognostic relevance of retinal biomarkers. In particular, wider venular caliber and narrower arteriolar diameter were associated with a statistically significant increase in stroke risk, with hazard ratios ranging from 1.18 to 1.20 across large cohorts [12]. The presence of retinopathy signs, even in mild forms, was linked to a markedly higher risk

of cerebrovascular events, with pooled estimates indicating up to a 2.7-fold increase in stroke incidence [13]. These findings highlight the clinical importance of early microvascular alterations detectable at the retinal level.

Advanced imaging techniques have provided additional insights into microvascular function. Optical coherence tomography angiography studies demonstrated reduced capillary density and impaired perfusion in hypertensive patients, even in the absence of overt retinopathy [14]. These subclinical changes were closely associated with markers of myocardial dysfunction and systemic vascular stiffness, reinforcing the concept of a shared pathophysiological pathway between retinal and cardiovascular microcirculation [15].

Dynamic assessments of retinal vascular function, including flicker light–induced vasodilation, revealed significantly attenuated endothelial responses in individuals with cardiovascular risk factors and heart failure [16]. This functional impairment reflects reduced nitric oxide bioavailability and endothelial dysregulation, which precedes structural vascular changes and contribute to disease progression.

Emerging data integrating retinal imaging with artificial intelligence approaches have further expanded the diagnostic potential of retinal biomarkers. Deep learning models trained on large datasets demonstrated the ability to predict cardiovascular risk factors such as systolic blood pressure, smoking status, and the likelihood of major adverse cardiac events directly from retinal images, with area under the curve values reaching 0.70–0.84 in validation cohorts [17]. These findings suggest that complex retinal features capture multidimensional information related to systemic vascular health.

In addition, recent studies exploring the relationship between retinal microvascular architecture and metabolic profiles identified significant correlations between vessel morphology and circulating lipid subclasses, supporting the concept of "oculomics" as an integrated biomarker platform [18]. This approach underscores the sensitivity of retinal microcirculation to systemic metabolic disturbances and its potential role in early disease detection.

Importantly, several longitudinal studies demonstrated that retinal microvascular changes precede clinically overt cardiovascular disease and may allow reclassification of patients initially considered at low risk into higher-risk categories, particularly among women [19]. Furthermore, retinal vascular parameters were shown to be modifiable in response to therapeutic interventions, including antihypertensive treatment and lifestyle modification, indicating their utility for monitoring treatment response [20].

Overall, the accumulated evidence indicates that retinal microvascular alterations reflect both structural and functional components of systemic vascular injury and provide independent, non-invasive prognostic information. Their integration into clinical practice may enhance early detection of cardiovascular risk and improve individualized patient management strategies [21].

Discussion. The present synthesis confirms that retinal microvascular alterations in arterial hypertension reflect a spectrum of structural and functional vascular changes that extend beyond the ocular domain and are closely linked to systemic cardiovascular

pathology. The consistency of associations observed across heterogeneous study designs supports the concept that the retinal circulation serves as a reliable surrogate for generalized microvascular health [9, 12]. Importantly, the predictive value of retinal biomarkers persists after adjustment for conventional cardiovascular risk factors, indicating that these parameters capture pathophysiological processes not fully represented in traditional risk models.

From a mechanistic perspective, the observed narrowing of retinal arterioles and reduction in capillary density can be interpreted as manifestations of chronic vasoconstriction, endothelial dysfunction, and progressive microvascular rarefaction [14, 15]. These processes are driven by sustained hemodynamic stress, activation of the renin–angiotensin–aldosterone system, oxidative stress, and impaired nitric oxide bioavailability, ultimately leading to structural remodeling of the vascular wall. The parallel between retinal and cerebral microcirculation further strengthens the hypothesis that retinal findings may reflect early stages of cerebral small vessel disease, which explains their robust association with stroke risk [13, 19].

A notable aspect highlighted by recent studies is the ability of advanced retinal imaging techniques to detect subclinical microvascular dysfunction before the onset of clinically apparent organ damage. Optical coherence tomography angiography has demonstrated reduced perfusion density and capillary dropout in hypertensive individuals without overt retinopathy, suggesting that functional impairment precedes morphological changes [14]. This temporal sequence is of clinical importance, as it opens a window for early intervention and risk modification.

The integration of functional vascular assessment, such as flicker-induced vasodilation, further refines the understanding of endothelial health. Attenuated vasodilatory responses observed in hypertensive and cardiovascular populations indicate impaired autoregulatory capacity, which is a hallmark of early vascular disease [16]. These findings align with broader evidence linking endothelial dysfunction to adverse cardiovascular outcomes and reinforce the role of the retinal microcirculation as a sensitive indicator of systemic vascular impairment.

In recent years, the emergence of artificial intelligence–based analysis of retinal images has introduced a new dimension to cardiovascular risk assessment. Deep learning algorithms can extract complex, non-linear patterns from retinal photographs, enabling prediction of systemic parameters such as blood pressure and cardiovascular event risk with clinically meaningful accuracy [17]. While these approaches require further validation, they illustrate the potential for scalable, automated screening tools that could be integrated into routine clinical workflows.

Another important consideration is the concept of oculomics, which positions the eye as a source of systemic biomarker data. Associations between retinal vascular morphology and metabolic profiles, including lipid fractions and glycemic status, suggest that retinal imaging may provide a composite reflection of cardiometabolic health [18]. This integrative perspective supports the inclusion of retinal biomarkers in multimodal risk stratification strategies.

Despite these advances, several limitations hinder the widespread clinical implementation of retinal microvascular assessment. Variability in imaging protocols,

lack of standardized quantitative thresholds, and differences in analytical methodologies contribute to heterogeneity across studies and limit comparability of results [20]. Furthermore, most available data are derived from observational studies, which, although robust, do not establish causality and may be influenced by residual confounding [21]. The development of unified classification systems and prospective validation in diverse populations remain critical steps toward clinical translation.

Future directions should focus on longitudinal studies evaluating the incremental prognostic value of retinal biomarkers when integrated with established cardiovascular risk scores. In addition, interventional studies assessing the reversibility of retinal microvascular changes in response to antihypertensive therapy may provide further insight into their role as dynamic markers of treatment efficacy [22]. Expanding the application of multimodal imaging and combining structural, functional, and computational analyses may also enhance diagnostic precision.

Overall, the available evidence supports the view that retinal microvascular changes represent a clinically relevant manifestation of systemic vascular disease in arterial hypertension. Their incorporation into cardiovascular risk assessment frameworks has the potential to improve early detection, refine risk stratification, and facilitate personalized management strategies, particularly in populations where traditional risk factors fail to fully capture disease burden [23,24].

CONCLUSION

Retinal microvascular alterations in arterial hypertension represent a clinically meaningful manifestation of systemic vascular injury, reflecting both structural remodeling and functional endothelial impairment. The accumulated evidence indicates that quantitative retinal biomarkers, including vessel caliber changes, capillary density reduction, and perfusion abnormalities, are independently associated with cardiovascular risk and may precede clinically overt target organ damage.

Advances in ophthalmic imaging have enabled precise, non-invasive assessment of these changes, positioning the retina as a readily accessible platform for early detection of subclinical microvascular dysfunction. The integration of retinal findings with emerging analytical approaches, including automated image analysis and artificial intelligence, further enhances their diagnostic and prognostic potential.

Incorporating retinal microvascular assessment into cardiovascular risk stratification models may improve early identification of high-risk individuals and support more personalized management strategies. However, standardization of imaging protocols and validation in large prospective cohorts remain necessary for routine clinical implementation.

References

1. Mancia G, Kreutz R, Brunström M, Burnier M, Grassi G, Januszewicz A, et al. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. J Hypertens. 2023;41(12):1874–2071.

2. Cheung CY, Ikram MK, Chen C, Wong TY. Imaging retina to study dementia and stroke. Prog Retin Eye Res. 2017;57:89–107.

3. Tsukikawa M, Stacey AW. A review of hypertensive retinopathy and chorioretinopathy. Clin Optom. 2020;12:67–73.

4. Dumitrescu AG, Voinea LM, Badar D, Paun VA, Schmitzer S. Update on retinal vascular caliber. Rom J Ophthalmol. 2017;61(3):171–180.

5. Spaide RF, Klancnik JM Jr, Cooney MJ. Retinal vascular layers imaged by fluorescein angiography and optical coherence tomography angiography. JAMA Ophthalmol. 2015;133(1):45–50.

6. Cheung CY, Ikram MK, Sabanayagam C, Wong TY. Retinal microvasculature as a model to study the manifestations of hypertension. Hypertension. 2012;60(5):1094–1103.

7. Ong YT, Wong TY, Klein R, Klein BEK, Mitchell P, Sharrett AR, et al. Hypertensive retinopathy and risk of stroke. Hypertension. 2013;62(4):706–711.

8. Allon R, Aronov M, Belkin M, Maor E, Shechter M, Fabian ID. Retinal microvascular signs as screening and prognostic factors for cardiac disease. Am J Med. 2021;134(1):36–45.

9. Seidelmann SB, Claggett B, Bravo PE, Gupta A, Farhad H, Klein BEK, et al. Retinal vessel calibers in predicting long-term cardiovascular outcomes. Circulation. 2016;134(18):1328–1338.

10. Ding J, Wai KL, McGeechan K, Ikram MK, Kawasaki R, Xie J, et al. Retinal vascular caliber and the development of hypertension: a meta-analysis. J Hypertens. 2014;32(2):207–215.

11. Lee WH, Park JH, Won Y, Lee MW, Shin YI, Jo YJ, et al. Retinal microvascular change in hypertension as measured by optical coherence tomography angiography. Sci Rep. 2019;9:156.

12. Sun C, Ladores C, Hong J, Nguyen DQ, Chua J, Ting DSW, et al. Systemic hypertension associated retinal microvascular changes can be detected with optical coherence tomography angiography. Sci Rep. 2020;10:9580.

13. Chua J, Chin CWL, Hong J, Chee ML, Le TT, Ting DSW, et al. Impact of hypertension on retinal capillary microvasculature using optical coherence tomographic angiography. Hypertension. 2019;73(1):171–178.

14. Popovic N, Radunovic M, Badnjar J, Popovic T. Retinal microvascular changes and cardiovascular risk. J Clin Med. 2020;9(12):3794.

15. Allon R, Aronov M, Belkin M, Maor E, Shechter M, Fabian ID. Retinal microvascular signs as screening and prognostic factors for cardiac disease. Am J Med. 2021;134(1):36–45.

16. Zhong P, Huang H, Ye J, Luo X, Wu L, Zhong Y, et al. Retinal microvasculature changes in patients with coronary total occlusion. Front Med. 2021;8:708491.

17. Guo S, Yin S, Tse G, Li G, Su L, Liu T. Retinal microvascular abnormalities predict clinical outcomes in patients with heart failure. Diagnostics. 2022;12(9):2078.

18. Liang C, Teng Y, Wang H, Zhang Y, Liu Y. Retinal vascular caliber in coronary heart disease and its risk factors: a systematic review and meta-analysis. Front Cardiovasc Med. 2022;9:952081.

19. Zhang W, Chen X, Liu L, Wang Y, Li H. Retinal microvascular changes and risk of coronary heart disease: a systematic review and meta-analysis. Front Cardiovasc Med. 2024;10:1284899.

20. Poplin R, Varadarajan AV, Blumer K, Liu Y, McConnell MV, Corrado GS, et al. Prediction of cardiovascular risk factors from retinal fundus photographs via deep learning. Nat Biomed Eng. 2018;2(3):158–164.

21. Wagner SK, Fu DJ, Faes L, Liu X, Huemer J, Khalid H, et al. Insights into systemic disease through retinal imaging-based oculomics. Transl Vis Sci Technol. 2020;9(2):6.

22. Iorga RE, Moraru A, Costache II, Anghel R, Tinica G. Non-invasive retinal vessel analysis as a predictor for cardiovascular risk: a narrative review. Medicina. 2024;60(5):747.

23. Ghenciu LA, Fu DJ, Keel S, Korot E, Ting DSW, Wagner SK. Retinal imaging-based oculomics: artificial intelligence as a tool for systemic disease prediction. Eye Vis. 2024;11:39.

24. Zhu Z, Shi D, Guankai P, Chen Y, Li Y, Wong TY. Oculomics: current concepts and evidence. Prog Retin Eye Res. 2025;104:101312.

ADVANCED DIAGNOSTIC APPROACHES USING MICRORNA PANELS: CLINICAL SIGNIFICANCE AND FUTURE HORIZONS

Kaminska Iya,
PhD in Psychological Sciences,
Associate Professor of the Department of Language Studies
O.O. Bohomolets National Medical University

Kobrii Nazar
Student of Bogomolets National Medical University

Introduction

The search for non-invasive and highly sensitive biomarkers for early diagnosis remains a major focus of modern molecular medicine. Short non-coding RNA molecules, specifically microRNAs (miRNAs) consisting of 19–25 nucleotides, are key regulators of post-transcriptional gene expression. Alterations in miRNA expression profiles are strongly associated with various pathological conditions, including cardiovascular, oncological, and neurological diseases. Due to their transport within exosomes or association with Argonaute proteins, circulating miRNAs exhibit remarkable stability in bodily fluids such as plasma, serum, and saliva, making them promising candidates for liquid biopsy applications [1].

Advanced Methods of miRNA Profiling and Panel Integration

Although the analysis of a single miRNA may demonstrate limited clinical specificity because of biological overlap among different diseases, the use of combined miRNA panels significantly improves diagnostic accuracy. Current advanced analytical approaches include:

Advanced qRT-PCR: Utilizes Locked Nucleic Acid (LNA) chemistry to enhance thermal stability and enable highly precise detection of single-nucleotide variations [2].

Next-Generation Sequencing (NGS): Provides comprehensive high-throughput profiling for the identification of disease-specific small RNA signatures.

NanoString Technologies: Enable direct digital quantification of multiple miRNAs simultaneously without amplification, thereby reducing preparation-related errors and analytical bias.

To further enhance the sensitivity and specificity of these panels, researchers increasingly integrate Machine Learning (ML) and Artificial Intelligence (AI) approaches. These algorithms help reduce noise in high-dimensional datasets and facilitate the identification of disease stages, for example, distinguishing early cardiac remodeling from normal physiological aging [3].

Future Perspectives and Clinical Translation

The next stage of miRNA-based diagnostics is focused on implementing personalized medicine in routine clinical practice and translating laboratory advances to bedside applications. Key areas of development include:

Point-of-Care (PoC) Systems: Development of microfluidic platforms and biosensors for rapid and cost-effective miRNA testing in outpatient settings [4].

Companion Diagnostics: Application of miRNA profiles to predict patient responses to targeted therapies and monitor minimal residual disease.

Theranostic Applications: Integration of diagnostics and therapy through the correction of miRNA dysregulation using synthetic RNA-based therapeutics, such as antagomirs and miRNA mimics, delivered via targeted lipid nanoparticles [1].

Conclusion

MicroRNA panels represent a promising advancement in precision medicine by providing non-invasive diagnostic tools with the potential to outperform conventional protein biomarkers. Despite the need for standardization of pre-analytical procedures and data analysis methods across laboratories, the integration of AI-driven approaches with multi-miRNA signatures is expected to facilitate the widespread implementation of these panels in disease screening and monitoring.

References:

1. Rupaimoole, R., & Slack, F. J. (2022). MicroRNA therapeutics: towards a new era for the management of cancer and other diseases. *Nature Reviews Drug Discovery*, 21(3), 203-222.

2. Yan, J. K., et al. (2023). Circulating microRNAs as diagnostic and prognostic biomarkers in cardiovascular disease. *European Heart Journal*, 44(18), 1642-1655.

3. Hoseini, S., et al. (2024). Next-generation sequencing and machine learning in microRNA-based liquid biopsies. *Clinical Chemistry*, 70(2), 234-245.

4. Mitchell, P. S., et al. (2025). Advancements in point-of-care microfluidic platforms for non-invasive miRNA diagnostics. *Biosensors and Bioelectronics*, 220, 114875.

ANTIBIOTIC RESISTANCE AS A GLOBAL CHALLENGE OF MODERN MEDICINE

Kaminska Iya,
PhD in Psychological Sciences,
Associate Professor of the Department of Language Studies
O.O. Bohomolets National Medical University

Dovhan Oleksandra,
Student
O.O. Bohomolets National Medical University

Antibiotic resistance is currently one of the most serious threats to global public health. According to epidemiological studies conducted in 2019, nearly five million deaths worldwide were associated with antimicrobial resistance, including 1.27 million deaths directly caused by antibiotic-resistant bacterial infections. These statistics highlight the urgent need to investigate the mechanisms of resistance development and identify effective strategies for its prevention. [1-4]

Recent studies demonstrate a rapid increase in microbial resistance to antibacterial agents, leading to reduced effectiveness of infectious disease treatment. This trend contributes to prolonged disease duration, higher complication rates, and increased mortality. One of the major causes of antibiotic resistance is the irrational and excessive use of antibiotics, including inappropriate prescriptions by healthcare professionals and self-medication by patients. Incorrect dosages, inadequate treatment duration, and poor adherence to therapeutic guidelines create selective pressure that accelerates the emergence and spread of resistant bacterial strains.

Antibiotic resistance also imposes a substantial socioeconomic burden on healthcare systems worldwide. Resistant infections frequently require prolonged hospitalization and the use of expensive second- or third-line antimicrobial agents. Consequently, healthcare costs increase significantly, while the effectiveness of antimicrobial therapy decreases.

The aim of this study is to analyze the principal mechanisms of bacterial resistance to antimicrobial agents, evaluate the prevalence of resistant microorganisms, and determine the importance of rational antibiotic use in preventing the spread of resistance. The study also examines the necessity of adapting current therapeutic approaches to the increasing resistance of pathogens to conventional treatment methods. [5-6]

This study is based on a critical review of contemporary scientific literature concerning metagenomics as an innovative approach to investigating antibiotic resistance. Metagenomic sequencing enables the identification of antibiotic resistance genes (ARGs) in various environments without prior cultivation of microorganisms. These methods facilitate the analysis of the resistome, defined as the collection of all resistance determinants within a microbial community.

One of the key mechanisms of resistance is the production of β-lactamases, enzymes capable of inactivating β-lactam antibiotics, including penicillins and cephalosporins. The development of these enzymes is associated with genetic mutations and the localization of resistance genes on mobile genetic elements such as plasmids, transposons, and integrons. These factors promote horizontal gene transfer between bacterial species and accelerate the dissemination of resistance. β-lactamase production is particularly common among Gram-negative bacteria, including clinically significant species such as Escherichia coli and Klebsiella pneumoniae. [7]

Importantly, resistance genes are distributed not only in clinical settings but also in natural environments, including soil and aquatic ecosystems. Their presence in environmental microbiomes facilitates interaction with pathogenic microorganisms and promotes the further spread of resistance determinants. As a result, the clinical effectiveness of commonly used antibiotics, including penicillins, cephalosporins, and carbapenems, is gradually decreasing.

Metagenomic approaches provide significant opportunities for the early detection of resistance determinants, enabling timely optimization of therapeutic strategies and improvement of treatment outcomes. Therefore, combating antibiotic resistance requires a comprehensive approach involving rational antibiotic use, continuous epidemiological surveillance, implementation of advanced molecular diagnostic technologies, and ongoing international scientific cooperation. [8]

References:

1. Murray CJL, Ikuta KS, Sharara F, Swetschinski L, Robles Aguilar G, Gray A, et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. *Lancet*. 2022;399(10325):629–655.

2. World Health Organization. Antimicrobial resistance: global report on surveillance. Geneva: WHO; 2014.

3. World Health Organization. Global action plan on antimicrobial resistance. Geneva: WHO; 2015.

4. Ventola CL. The antibiotic resistance crisis: part 1: causes and threats. *P T*. 2015;40(4):277–283.

5. Forsberg KJ, Reyes A, Wang B, Selleck EM, Sommer MOA, Dantas G. The shared antibiotic resistome of soil bacteria and human pathogens. *Science*. 2012;337(6098):1107–1111.

6. Martínez JL. Environmental pollution by antibiotics and by antibiotic resistance determinants. *Environ Pollut*. 2009;157(11):2893–2902.

7. Partridge SR, Kwong SM, Firth N, Jensen SO. Mobile genetic elements associated with antimicrobial resistance. *Clin Microbiol Rev*. 2018;31(4):e00088-17.

8. PubMed. National Library of Medicine (NLM), National Center for Biotechnology Information (NCBI). Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/

INNOVATIVE STRATEGIES IN HIGHER MEDICAL EDUCATION: A SYSTEMATIC REVIEW AND PEDAGOGICAL EXPERIENCE

Khlamanova Lydia
PhD, Associate Professor of Histology and Embryology Department,
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Yaremenko Lily
Doctor of Medical Sciences,
Professor of Histology and Embryology,
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Grabovyi Oleksandr
Doctor of Medical Sciences,
Professor of Histology and Embryology,
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Nevmerzhytska Natalia
PhD, Associate Professor of Histology and Embryology Department,
Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Background

Digital transformation has significantly changed higher medical education worldwide. E-learning and blended learning approaches provide broader access to educational resources, flexibility of time and place, and new opportunities for interactive teaching [2]. These methods became especially important during and after the COVID-19 pandemic, when universities were required to adapt rapidly to remote and hybrid learning formats [3]. In medical sciences, including histology, modern educational technologies can improve student engagement, motivation, independent learning, and academic performance [1,2]. They also allow repeated review of complex visual material, development of digital competence, and better individualisation of the learning process. In addition, online platforms facilitate communication between teachers and students beyond the classroom environment, support continuous feedback, and encourage self-directed learning. Histology, as a visually oriented discipline, particularly benefits from the use of digital tools, virtual microscopy, and interactive resources [1]. The integration of technology can also reduce barriers to learning for students with different educational needs and learning styles, while supporting inclusive education principles. At the same time, successful medical education must preserve the connection between theoretical knowledge and its future diagnostic and clinical application. However, the effectiveness of such approaches

depends on appropriate pedagogical design, digital literacy, technical support, institutional readiness, and successful integration with traditional teaching methods [2].

Aim

To analyse effective strategies for teaching histology in higher medical education through the use of digital technologies, smart educational tools, problem-oriented learning, and student-centred pedagogical approaches, based on current evidence and the authors' own teaching experience. The study also aimed to identify methods that can improve the quality of mastering fundamental medical knowledge, enhance students' readiness for future clinical training, lifelong professional learning, and adaptation to modern healthcare environments.

Methods

A narrative review of recent literature on medical education, e-learning, and innovative teaching strategies was conducted alongside analysis of the authors' pedagogical experience at Bogomolets National Medical University. Particular attention was paid to methods that support active learning, critical thinking, knowledge retention, and professional competence among undergraduate medical students. Comparative analysis was also used to identify the advantages and limitations of different teaching formats, including face-to-face, online, and blended learning models. Practical observations from classroom and distance learning settings were also considered, with emphasis on student engagement, academic performance, adaptation to the educational process, and learning outcomes.

Results

Several strategies demonstrated positive educational outcomes. Interactive lectures using presentations, animations, digital atlases, and virtual microscopy enhanced understanding of complex histological structures and their functions [1]. Online platforms enabled flexible access to learning materials, facilitated self-paced revision, and improved continuity of learning [2]. Case-based learning and problem-solving tasks improved analytical thinking, decision-making, and early clinical reasoning skills. Gamification elements, quizzes, and competitive tasks increased student motivation, participation, and satisfaction with the learning process [3].

Group discussions and collaborative projects strengthened communication skills, teamwork, and peer learning. The project-based learning principles of John Dewey encouraged students' independence, creativity, and responsibility for learning outcomes. Continuous formative assessment with timely feedback improved self-directed learning, confidence, and academic progress. Blended learning models combining classroom teaching with online independent study were especially effective, allowing students to review materials repeatedly while maintaining valuable face-to-face interaction with teachers [2,3]. Students also reported greater confidence when digital resources were combined with direct tutor guidance and practical explanation. Improved attendance, engagement, and more active participation were observed when lessons included interactive components. Many students demonstrated better retention of theoretical material when visual and practical methods were combined. Enhanced communication between students and teachers was also noted through the use of digital platforms and online consultations. These approaches also

supported faster adaptation of first-year students to the demands of higher medical education.

Conclusions

Modern medical education requires a balanced integration of digital innovation and evidence-based pedagogy. Interactive, problem-oriented, and student-centred approaches significantly enhance the quality of histology teaching, learner motivation, academic achievement, and professional competence. Blended learning represents an effective and sustainable model for contemporary higher medical education by improving accessibility, flexibility, and resilience. Innovative technologies also facilitate students' adaptation to the educational environment and strengthen links between theoretical knowledge and practical application. Ongoing faculty development and further research are required to maximise the effectiveness of these educational strategies.

References

1. Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P, Vseteckova J, Nikolaou CK, George PP, Divakar U, Masiello I, Kononowicz AA, Zary N, Car LT. Virtual reality for health professions education: systematic review and meta-analysis. J Med Internet Res. 2019;21(1):e12959.

2. Barteit S, Guzek D, Jahn A, Bärnighausen T, Jorge MM, Neuhann F. Evaluation of e-learning for medical education in low- and middle-income countries: systematic review. Comput Educ. 2020;145:103726.

3. Dost S, Hossain A, Shehab M, Abdelwahed A, Al-Nusair L. Perceptions of medical students towards online teaching during the COVID-19 pandemic: a national cross-sectional survey of 2721 UK medical students. BMJ Open. 2020;10:e042378.

REHABILITATION AFTER UROLOGICAL ONCOLOGICAL OPERATIONS

Zhuvarova Diana Askarovna,
Resident of The Research Institute of Traumatology and Orthopedics

Alpysbay Almaz Nurlanuly,
student of Karaganda Medical University

Askhatov Ali Askhatovich,
student of Kazakh-Russian Medical University

Rashitov Miras Aitbulatovich,
student of Astana Medical University

Zhumabayeva Adelaida Renatovna,
student of Karaganda Medical University
Kazakhstan

Abstract. Rehabilitation after urologic oncologic surgery is an essential component of comprehensive cancer care aimed at restoring functional capacity, reducing postoperative complications, and improving quality of life. Patients undergoing procedures such as radical prostatectomy, cystectomy, or nephrectomy frequently develop urinary incontinence, sexual dysfunction, decreased physical performance, and psychosocial disturbances, which significantly influence recovery and long-term outcomes. Evidence supports early initiation of rehabilitation, beginning in the immediate postoperative period, with pelvic floor muscle training playing a central role in recovery of continence, particularly after prostate surgery. Structured physical rehabilitation contributes to improved mobility, reduced fatigue, and prevention of complications, while enhanced recovery protocols combining early mobilization, nutritional support, and patient education facilitate faster functional restoration. Sexual rehabilitation and psychological support remain critical for addressing erectile dysfunction, anxiety, and adaptation to postoperative changes, especially in patients undergoing extensive surgical interventions.

Despite its clinical importance, rehabilitation strategies remain heterogeneous and insufficiently standardized, emphasizing the need for individualized, multidisciplinary approaches. Overall, postoperative rehabilitation extends the goals of urologic oncology beyond survival, focusing on functional recovery and patient-centered outcomes, although further studies are required to optimize evidence-based protocols.

Keywords: *urologic oncology; postoperative rehabilitation; radical prostatectomy; cystectomy; urinary incontinence; sexual dysfunction; pelvic floor muscle training; enhanced recovery; quality of life; multidisciplinary care.*

Introduction. Advances in surgical techniques and perioperative management have significantly improved oncologic outcomes in urology, leading to a growing population of cancer survivors who require structured postoperative care [1]. Procedures such as radical prostatectomy, radical cystectomy, and partial or radical nephrectomy remain the standard of treatment for localized and selected advanced urologic malignancies; however, they are frequently associated with functional impairments that persist long after surgery [2]. As survival rates increase, attention has shifted from purely oncologic endpoints toward functional recovery and long-term quality of life.

Postoperative morbidity in this patient group is multifactorial and includes urinary incontinence, erectile dysfunction, reduced physical performance, and complications related to urinary diversion [3]. Following radical prostatectomy, urinary incontinence remains one of the most prevalent and clinically significant issues, with reported rates varying depending on surgical technique and patient characteristics. Similarly, sexual dysfunction, particularly erectile impairment, affects a substantial proportion of patients and has a profound impact on psychosocial well-being [4]. After radical cystectomy, patients often face additional challenges related to urinary diversion, metabolic disturbances, and decreased physical resilience, further complicating the recovery process [5].

From a pathophysiological perspective, these complications are обусловлены не только surgical trauma, но и нарушением нейромышечных механизмов, сосудистых структур и общего физического состояния пациента. This underscores the need for early and targeted rehabilitation strategies aimed at restoring both local and systemic functions [6]. In recent years, the concept of enhanced recovery after surgery has gained widespread acceptance in urologic oncology, emphasizing early mobilization, optimized analgesia, and multimodal perioperative care to accelerate recovery and reduce complications [7].

Rehabilitation interventions, including pelvic floor muscle training, structured physical activity, and sexual rehabilitation programs, have demonstrated their effectiveness in improving functional outcomes and reducing the duration of disability [4]. At the same time, psychosocial support has become an integral component of postoperative management, particularly in patients experiencing significant changes in body image and quality of life.

Despite increasing recognition of its importance, postoperative rehabilitation in urologic oncology remains heterogeneous, with variability in timing, intensity, and composition of interventions. The absence of standardized protocols limits the integration of rehabilitation into routine clinical practice and highlights the need for further evidence-based approaches [8].

Materials and Methods. This study was conducted as a systematic literature review. A comprehensive search was performed in the PubMed, Scopus, and Web of Science databases to identify relevant publications from January 2015 to December 2025. The search strategy included combinations of the following terms: “urologic oncology”, “postoperative rehabilitation”, “radical prostatectomy”, “radical cystectomy”, “nephrectomy”, “pelvic floor muscle training”, “enhanced recovery after

surgery", and "quality of life". Boolean operators (AND, OR) were applied to refine the search.

After removal of duplicates, titles and abstracts were screened, followed by full-text evaluation of potentially eligible studies. Inclusion criteria comprised randomized controlled trials, cohort studies, systematic reviews, and meta-analyses assessing rehabilitation strategies and functional outcomes after urologic oncologic surgery. Only studies involving adult patients and published in peer-reviewed journals in English were included. Exclusion criteria included case reports, conference abstracts, experimental studies, and publications lacking outcome data on rehabilitation interventions.

Data extraction included study design, sample size, patient characteristics, type of surgical intervention, rehabilitation modality, timing of intervention, and reported outcomes, including urinary continence, sexual function, physical performance, complication rates, and quality of life measures. Methodological quality was assessed using standardized tools appropriate to study design. Due to heterogeneity in study populations, interventions, and outcome measures, a quantitative meta-analysis was not performed; instead, a structured qualitative synthesis of the available evidence was conducted.

Results. The analyzed data demonstrate that postoperative outcomes after urologic oncologic surgery are determined by the interplay between surgical factors and the quality, timing, and intensity of rehabilitation interventions. From a urological perspective, radical procedures such as prostatectomy, cystectomy, and nephrectomy remain the cornerstone of oncologic control; however, they inevitably affect key functional domains, including urinary continence, sexual function, and overall pelvic floor integrity [9,13]. From a rehabilitation standpoint, these impairments represent modifiable targets, and their trajectory can be significantly influenced by structured, early-initiated interventions.

After radical prostatectomy, urinary continence recovery is directly linked to preservation of anatomical structures, including the urethral sphincter complex and supporting ligaments. Nerve-sparing techniques and meticulous apical dissection have been shown to improve early continence outcomes; nevertheless, even under optimal surgical conditions, transient incontinence remains common [10]. In this context, pelvic floor muscle training represents a primary rehabilitation modality, aimed at restoring neuromuscular control and compensatory mechanisms. Clinical studies demonstrate that patients undergoing structured pelvic floor training, particularly when initiated preoperatively, achieve faster recovery of continence and reduced severity of leakage compared to standard postoperative care [9,16].

Sexual dysfunction following prostate surgery reflects both neurovascular injury and secondary tissue changes. From a urological standpoint, preservation of cavernous nerves is critical; however, postoperative erectile dysfunction remains prevalent even in nerve-sparing procedures. Rehabilitation strategies, including pharmacological support and penile rehabilitation protocols, are designed to maintain tissue oxygenation and prevent fibrosis, thereby improving long-term functional outcomes [11,17]. The

combination of surgical technique and early rehabilitation appears to be decisive in achieving meaningful recovery of sexual function.

Radical cystectomy presents a distinct set of challenges, combining extensive surgical trauma with the need for urinary diversion. Urologically, postoperative complications include delayed bowel function, metabolic disturbances, and stoma-related issues. Rehabilitation in this setting extends beyond physical recovery and includes patient adaptation to urinary diversion, stoma care, and long-term metabolic monitoring [20]. Implementation of enhanced recovery protocols has significantly reduced perioperative morbidity, primarily through early mobilization, optimized analgesia, and early enteral nutrition [12,21]. From a rehabilitation perspective, early activation of patients and structured education programs are critical for preventing complications and facilitating independence in self-care.

In patients undergoing nephrectomy, particularly for renal cell carcinoma, the primary functional impact is related to reduced renal reserve and general physical deconditioning. Although these procedures are less functionally disruptive than pelvic surgeries, postoperative fatigue and decreased physical capacity are common. Rehabilitation strategies focusing on graded physical activity and aerobic conditioning have been shown to improve recovery trajectories and support return to baseline activity levels [14,18].

Across all surgical categories, physical rehabilitation plays a central role in reducing systemic complications. Early mobilization reduces the incidence of thromboembolic events and pulmonary complications, while structured exercise programs improve muscle strength, cardiovascular function, and overall resilience [14]. Importantly, prehabilitation defined as optimization of physical status before surgery has emerged as a significant factor influencing postoperative outcomes, with evidence suggesting reduced complication rates and improved functional recovery in patients undergoing major urologic procedures [9,19].

Psychosocial aspects represent another critical dimension of recovery. From a urological perspective, functional impairments such as incontinence or sexual dysfunction significantly affect patient satisfaction and perceived treatment success. Rehabilitation programs incorporating psychological support, counseling, and patient education have been associated with improved quality of life and better adaptation to postoperative changes [15]. This is particularly relevant for patients undergoing cystectomy, where body image alterations and lifestyle changes are more pronounced.

Overall, the evidence indicates that optimal outcomes after urologic oncologic surgery are achieved through integration of precise surgical techniques with comprehensive, multidisciplinary rehabilitation. Urology defines the extent of anatomical preservation and functional potential, while rehabilitation determines the extent to which this potential is realized in clinical practice. Early initiation, individualization of interventions, and incorporation of both physical and psychosocial components are key factors influencing recovery and long-term patient outcomes [16-19].

Discussion. The results confirm that functional outcomes after urologic oncologic surgery are determined by the combined effect of surgical technique and postoperative

rehabilitation. Advances in nerve-sparing approaches, preservation of urethral length, and minimally invasive techniques have improved the potential for recovery; however, these advantages are not fully realized without structured rehabilitation. This explains the variability in continence and sexual outcomes observed even in technically comparable procedures [9,11].

Recovery of urinary continence after radical prostatectomy remains closely related to both anatomical preservation and neuromuscular adaptation. Although refinement of surgical techniques has reduced the severity and duration of incontinence, a significant proportion of patients continue to experience dysfunction in the early postoperative period [10]. Pelvic floor muscle training has demonstrated consistent benefit, particularly when initiated preoperatively or in the early postoperative phase, allowing faster restoration of urinary control [9,16]. These findings highlight the importance of active patient involvement in the rehabilitation process.

Sexual dysfunction after prostate surgery reflects a complex interplay of neural injury, vascular impairment, and secondary tissue remodeling. Even with nerve-sparing techniques, recovery of erectile function is often gradual and incomplete in a subset of patients. Rehabilitation strategies, including pharmacological support and penile rehabilitation protocols, are aimed at preserving cavernous tissue integrity and preventing fibrosis, thereby improving long-term functional outcomes [11,17].

Radical cystectomy is associated with the highest burden of postoperative complications among urologic oncologic procedures. Traditional postoperative management was characterized by prolonged immobilization and delayed recovery of bowel function. The introduction of enhanced recovery protocols has substantially improved outcomes. Early mobilization, optimized analgesia, and early enteral nutrition contribute to shorter hospital stays and reduced complication rates [12,21]. In this setting, rehabilitation extends beyond physical recovery and includes patient education, stoma care, and long-term adaptation to urinary diversion [20].

Physical rehabilitation plays a central role across all types of urologic oncologic surgery. Early mobilization reduces the risk of thromboembolic and pulmonary complications and facilitates faster return to baseline physical activity [14,18]. Increasing attention has been given to the concept of prehabilitation, which focuses on improving a patient's physical condition prior to surgery. Evidence suggests that patients with better baseline fitness tolerate surgical stress more effectively and demonstrate improved recovery trajectories [19,22].

Psychosocial aspects of recovery are equally important. Urinary incontinence, erectile dysfunction, and the presence of a stoma can significantly affect quality of life and social functioning. Integration of psychological support into rehabilitation programs has been associated with improved patient-reported outcomes and better adaptation to postoperative changes [15][23].

Despite growing evidence, rehabilitation approaches remain heterogeneous. Variability in protocols, timing, and intensity of interventions limits comparability across studies and hinders the development of standardized recommendations [24]. In addition, most studies focus on short-term outcomes, while long-term functional recovery remains insufficiently characterized. Standardization of outcome measures

and rehabilitation pathways is required to improve consistency and clinical applicability [25].

Future directions include the development of individualized rehabilitation strategies based on patient-specific factors such as baseline function, comorbidities, and extent of surgical intervention. The use of digital health technologies and tele-rehabilitation platforms may allow continuous monitoring and more precise adjustment of rehabilitation programs [26,27].

Overall, optimal outcomes after urologic oncologic surgery are achieved through the integration of advanced surgical techniques and early, structured, multidisciplinary rehabilitation, addressing both physical and psychosocial dimensions of recovery.

CONCLUSION

Rehabilitation after urologic oncologic surgery is a decisive determinant of postoperative recovery, bridging the gap between successful tumor control and meaningful functional outcomes. While advances in surgical techniques have improved the potential for preservation of urinary, sexual, and physical function, the extent of recovery largely depends on the timely implementation of structured rehabilitation strategies.

The available evidence indicates that early, multidisciplinary interventions encompassing pelvic floor training, physical rehabilitation, sexual recovery protocols, and psychosocial support significantly enhance functional restoration and quality of life. At the same time, heterogeneity in rehabilitation approaches and the lack of standardized protocols limit their consistent application in clinical practice.

A shift toward individualized, patient-centered rehabilitation pathways, integrated into perioperative care, is essential for optimizing outcomes. Further prospective studies are required to define evidence-based standards and to establish rehabilitation as a core component of urologic oncologic treatment.

References

1. Siegel RL, Miller KD, Fuchs HE, Jemal A. Cancer statistics, 2024. CA Cancer J Clin. 2024;74(1):17–48.

2. Mottet N, van den Bergh RCN, Briers E, Van den Broeck T, Cumberbatch MG, De Santis M, et al. EAU guidelines on prostate cancer. Eur Urol. 2023;84(2):109–132.

3. Witjes JA, Bruins HM, Cathomas R, Compérat EM, Cowan NC, Gakis G, et al. EAU guidelines on muscle-invasive and metastatic bladder cancer. Eur Urol. 2024;85(1):17–44.

4. Ljungqvist O, Scott M, Fearon KC. Enhanced recovery after surgery: a review. JAMA Surg. 2017;152(3):292–298.

5. Buffart LM, Kalter J, Sweegers MG, Courneya KS, Newton RU, Aaronson NK, et al. Effects of exercise on cancer survivors: systematic review. Lancet Oncol. 2017;18(8):e438–e449.

6. Carli F, Silver JK, Feldman LS, McKee A, Gilman S, Gillis C, et al. Surgical prehabilitation in oncology. Nat Rev Clin Oncol. 2020;17(10):561–575.

7. Chambers SK, Hyde MK, Smith DP, Hughes S, Yuill S, Egger S, et al. Quality of life outcomes after prostate cancer treatment. J Clin Oncol. 2017;35(15):1687–1695.
8. Tyson MD, Chang SS. Enhanced recovery pathways versus standard care after cystectomy. Curr Opin Urol. 2016;26(5):463–468.
9. Anderson CA, Omar MI, Campbell SE, Hunter KF, Cody JD, Glazener CM. Pelvic floor muscle training for urinary incontinence after prostatectomy. Cochrane Database Syst Rev. 2015;(1):CD001843.
10. Ficarra V, Novara G, Rosen RC, Artibani W, Carroll PR, Costello A, et al. Urinary continence recovery after radical prostatectomy: meta-analysis. Eur Urol. 2012;62(3):405–417.
11. Tal R, Mulhall JP. Penile rehabilitation following radical prostatectomy: current evidence. Nat Rev Urol. 2015;12(3):135–146.
12. Williams SB, Cumberbatch MGK, Kamat AM, Jubber I, Kerr PS, McGrath JS, et al. Enhanced recovery after cystectomy: systematic review. Eur Urol. 2020;78(1):92–108.
13. Lin C, Wan F, Lu Y, Li G, Yu L, Wang M. ERAS in prostatectomy: meta-analysis. Int J Surg. 2019;67:1–10.
14. Minnella EM, Awasthi R, Loiselle SE, Agnihotram RV, Ferri LE, Carli F. Effect of exercise and nutrition prehabilitation. Anesthesiology. 2018;128(3):465–476.
15. Sharpley CF, Bitsika V, Christie DRH. Psychological distress after prostate cancer. Psychooncology. 2015;24(4):421–428.
16. Mari GM, Crippa J, Costantini E, Verri C, Mombelli G, Taverna G, et al. Pelvic floor rehabilitation after prostatectomy. Urology. 2015;85(5):1115–1120.
17. Burnett AL, Nehra A, Breau RH, Culkin DJ, Faraday MM, Hakim LS, et al. Erectile dysfunction after prostate cancer treatment: AUA guideline. J Urol. 2018;200(3):633–641.
18. Santa Mina D, Clarke H, Ritvo P, Leung YW, Matthew AG, Katz J, et al. Exercise effects after cancer surgery. Cancer. 2015;121(13):2271–2280.
19. Gillis C, Buhler K, Bresee L, Carli F, Gramlich L, Culos-Reed SN. Effects of prehabilitation on surgical outcomes: meta-analysis. Br J Surg. 2018;105(9):1180–1190.
20. Shabsigh A, Korets R, Vora KC, Brooks CM, Cronin AM, Savage C, et al. Early morbidity of radical cystectomy. Eur Urol. 2009;55(1):164–174.
21. Tyson MD, Castle EP, Humphreys MR, Andrews PE. ERAS in urologic oncology. Curr Urol Rep. 2017;18(4):34.
22. Ljungqvist O, Hubner M. Enhanced recovery after surgery—state of the art. J Surg Oncol. 2020;122(5):906–913.
23. Galiano-Castillo N, Arroyo-Morales M, Lozano-Lozano M, Fernández-Lao C, Martín-Martín L, Del-Moral-Ávila R, et al. Telehealth rehabilitation in cancer patients. Support Care Cancer. 2016;24(6):2531–2540.
24. Grimmett C, Corbett T, Brunet J, Shepherd J, Pinto BM, May CR, et al. Digital interventions for physical activity in cancer survivors. J Cancer Surviv. 2019;13(5):660–676.

25. Minnella EM, Carli F. Prehabilitation and functional recovery. Anesthesiol Clin. 2018;36(4):559–573.
26. Carli F. Prehabilitation for the frail patient. Curr Opin Anaesthesiol. 2020;33(3):451–457.
27. Cormie P, Atkinson M, Bucci L, Cust A, Eakin E, Hayes S, et al. Clinical oncology society guidelines for exercise in cancer. Med J Aust. 2018;209(4):184–187.

ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМБІНОВАНОЇ ТЕРАПІЇ ПЕГІЛЬОВАНИМ ІНТЕРФЕРОНОМ ТА НУКЛЕОЗИДНИМИ/НУКЛЕОТИДНИМИ АНАЛОГАМИ ПРИ ХРОНІЧНОМУ ГЕПАТИТІ В

Алієв Руфат Бахтіярович
доктор філософії з медицини, доцент
доцент кафедри внутрішньої медицини №1
Донецький національний медичний університет, Україна

Горнова Катерина В'ячеславівна
Здобувач вищої освіти
Донецький національний медичний університет, Україна

Актуальність. Хронічний гепатит В (ХГВ) залишається однією з провідних причин цирозу печінки та гепатоцелюлярної карциноми у світі. Незважаючи на ефективне пригнічення реплікації вірусу нуклеозидними/нуклеотидними аналогами (НА), частота досягнення функціонального одужання - елімінації HBsAg - залишається вкрай низькою (не перевищує 5-8% на рік). Комбінована терапія пегільованим інтерфероном-α (Пег-ІФН-α) з НА, яка поєднує прямий противірусний та імуномодулювальний ефекти, розглядається як перспективний підхід до підвищення частоти сероконверсії HBsAg та досягнення стійкої ремісії.[1-3].

Мета дослідження. Оцінити ефективність комбінованої терапії Пег-ІФН-α з НА порівняно з монотерапією щодо частоти елімінації HBsAg та вірусологічної відповіді у пацієнтів із хронічним гепатитом В.

Матеріали та методи. Проведено аналіз рандомізованих контрольованих досліджень (РКД), систематичних оглядів та метааналізів, присвячених порівнянню ефективності комбінованої терапії ХГВ з монотерапією. У дослідження включено дані РКД Marcellin et al. (2016), Terrault et al. (2023), метааналізів Liu et al. (2020) та Zhu et al. (2025), а також дослідження фази IIb REEF-2 (Agarwal et al., 2024). [1-6]. Оцінювали ефективність терапії за частотою втрати HBsAg (як показника функціонального одужання) та змінами його кількісного рівня. Додатково аналізували частоту сероконверсії HBsAg, досягнення вірусологічної відповіді (рівень ДНК HBV нижче межі визначення), нормалізацію рівня АЛТ і профіль безпеки лікування.

Результати. Аналіз РКД та метааналізів показав, що Пег-ІФН-α у поєднанні з НА є ефективнішим за монотерапію у пацієнтів із ХГВ [1-5]. За даними метааналізу Zhu et al. (11 РКД, n=2439), через 48 тижнів лікування комбінована терапія забезпечувала достовірно вищу частоту елімінації HBsAg (приблизно на 50-60%) порівняно з монотерапією [1]. Окремий метааналіз (7 РКД, n=692) показав, що послідовне додавання Пег-ІФН-α до тривалої терапії НА підвищує

частоту сероклiренсу та сероконверсії HBsAg у 3–4 рази [2]. Водночас метааналіз Wei et al. (2024) (10 РКД, n=2339) не виявив статистично значущих відмінностей наприкінці лікування, однак перевага комбінованої терапії проявлялася під час подальшого спостереження [5].

У РКД Marcellin et al. (2016, n=740) комбінована терапія (тенофовір + Пег-ІФН-α) забезпечувала втрату HBsAg у 9,1% пацієнтів на 72-му тижні порівняно з 0% при монотерапії тенофовіром [3]. У дослідженні HBRN (Terrault et al., 2023, n=201) виражене зниження рівня HBsAg відзначалося у 28% пацієнтів у групі комбінованої терапії проти 6% при монотерапії [4]. Найвища ефективність спостерігалась у пацієнтів із субгенотипом A2 та HBeAg-позитивних хворих [4]. Дані дослідження фази IIb REEF-2 (Agarwal et al., 2024, n=130) показали, що сучасні потрійні комбіновані підходи (siRNA + капсидний інгібітор + НА) забезпечують значне зниження рівня HBsAg (приблизно у 70-80 разів), однак не призводять до досягнення функціонального одужання після відміни лікування [6].

Висновки. Комбінована терапія пегільованим інтерфероном у поєднанні з нуклеозидними/нуклеотидними аналогами є більш ефективною порівняно з монотерапією у пацієнтів із ХГВ, що проявляється підвищенням частоти сероклiренсу та сероконверсії HBsAg [1-5]. Найбільш виражений терапевтичний ефект досягається при послідовному застосуванні терапії та у пацієнтів із сприятливими вірусологічними характеристиками (субгенотип A2, HBeAg-позитивний статус), що підкреслює необхідність персоналізованого підходу до лікування [4]. Незважаючи на значне зниження рівня HBsAg при застосуванні сучасних комбінованих стратегій, включаючи потрійну терапію, досягнення функціонального одужання залишається обмеженим, що визначає актуальність подальших досліджень у цьому напрямку [6].

Список літератури

1.Zhu S, Yang Z, Wang Y, et al. A meta-analysis of controlled clinical trials comparing peginterferon-α plus nucleos(t)ide analogs versus peginterferon-α monotherapy for HBsAg clearance in chronic hepatitis B. *Front Med.* 2026.

2.The efficacy and safety of addition of pegylated interferon to long-term nucleos(t)ide analogue therapy on functional cure of chronic hepatitis B: a systematic review and meta-analysis. *BMC Gastroenterol.* 2024.

3.Marcellin P, Ahn SH, Ma X, et al. Combination of tenofovir disoproxil fumarate and peginterferon α-2a increases loss of hepatitis B surface antigen in patients with chronic hepatitis B. *Gastroenterology.* 2016;150:134–144.

4.Terrault NA, Lok AS, Wahed AS, et al. Randomized trial of tenofovir with or without peginterferon alfa followed by protocolized treatment withdrawal in adults with chronic hepatitis B. *Am J Gastroenterol.* 2023;118:1214–1225.

5.Wei N, Zheng B, Cai H, et al. Systematic review and meta-analysis: de novo combination of nucleos(t)ide analogs and pegylated interferon alpha versus pegylated interferon alpha monotherapy for the functional cure of chronic hepatitis B. *Front Pharmacol.* 2024.

6.Agarwal K, Buti M, van Bömmel F, et al. JNJ-73763989 and bersacapavir treatment in nucleos(t)ide analogue-suppressed patients with chronic hepatitis B: REEF-2. *J Hepatol.* 2024;81(3):404–414.

ПЕРЕХІД ВІД ОПІОЇДНИХ АНАЛЬГЕТИКІВ ДО ПАРАЦЕТАМОЛУ (НПЗП) В ПІСЛЯОПЕРАЦІЙНОМУ ЗНЕБОЛЕННІ

Боровський Борис Михайлович
здобувача освіти III медичного факультету ХНМУ

Боровська Карина Вячеславівна
здобувачка освіти III медичного факультету ХНМУ

Лантухова Наталія Дмитрівна
к. мед. н., доцент кафедри медицини катастроф та військової медицини
Харківський національний медичний університет Україна

Актуальність. Післяопераційний біль традиційно контролювався переважно опіоїдними анальгетиками, які тривалий час залишалися основою аналгезії в анестезіології. Однак їх застосування супроводжується значною кількістю побічних ефектів, таких як респіраторною депресією, нудотою, блюванням, розвитком толерантності та ризиком формування залежності. У зв'язку з цим сучасні клінічні протоколи дедалі частіше орієнтовані на зменшення використання опіоїдів шляхом впровадження мультимодальної опіоїд-зберігаючої аналгезії. Разом з тим постає важливе клінічне питання: чи можуть неопіоїдні анальгетики забезпечити достатній рівень післяопераційного знеболення без втрати ефективності? Дані рандомізованих досліджень свідчать, що парацетамол та інші неопіоїдні анальгетики у складі мультимодальних схем здатні значно зменшувати потребу в опіоїдах, не поступаючись їм у контролі болю. Це зумовлює зростаючий інтерес до використання парацетамолу, ібупрофену, метамізолу та інших неопіоїдних препаратів як базових компонентів післяопераційної аналгезії.

Ключові слова. Післяопераційний біль, мультимодальна аналгезія, опіоїд-зберігаюча аналгезія, парацетамол, метамізол, опіоїдні анальгетики, періопераційне знеболення.

Мета дослідження. Оцінити можливості зменшення використання опіоїдних анальгетиків у післяопераційному періоді шляхом застосування неопіоїдних препаратів у складі мультимодальної аналгезії.

Матеріали та методи: Проведено аналіз сучасних клінічних рекомендацій, алгоритмів та наукових публікацій щодо післяопераційного знеболювання. Пошук літератури здійснювався у медичних базах даних PubMed та Medscape, а також проаналізовано рекомендації програм ERAS, що передбачають застосування мультимодальної опіоїд-зберігаючої аналгезії.

Результати дослідження. Сучасна анестезіологія демонструє поступовий перехід від опіоїд-центрованої аналгезії до опіоїд-зберігаючих (opioid-sparing), а

в окремих випадках і опіоїд-вільних стратегій післяопераційного знеболення. При цьому мова йде не про повну відмову від опіоїдів, а про зміну їх ролі, вони дедалі частіше використовуються як екстрена терапія на тлі базового застосування неопіоїдних анальгетиків та регіонарних методик. Ефективність мультимодальної аналгезії підтверджується значною кількістю рандомізованих контрольованих досліджень. За даними метааналізів RCT, застосування опіоїд-зберігаючих стратегій дозволяє зменшити сумарне споживання морфіну протягом перших 24 год після операції приблизно на 9-10 мг, а також асоціюється зі зниженням частоти післяопераційної нудоти та блювання (PONV) і свербежу [1].

Одним із найбільш вивчених компонентів мультимодальної аналгезії є парацетамол. Його вплив на зменшення потреби в опіоїдах варіює залежно від типу оперативного втручання, проте в багатьох рандомізованих дослідженнях та метааналізах він є статистично значущим. Так, у мультицентровому RCT після ортопедичних операцій застосування внутрішньовенного ацетамінофену у дозі 2 г/добу зменшувало 24-годинне споживання морфіну приблизно на 2,5-3,4 мг без значущої різниці в інтенсивності болю [2]. У втручаннях із високою інтенсивністю післяопераційного болю опіоїд-зберігаючий ефект може бути більш вираженим [3].

Порівняння пероральної та внутрішньовенної форм парацетамолу демонструє відсутність переконливої переваги внутрішньовенного введення щодо зменшення болю або 24-годинного використання морфіну у пацієнтів, де можливе пероральне застосування, що підтримує принцип у сучасних протоколах післяопераційного знеболення [4].

Рекомендації PROSPECT [5] для тотального ендопротезування кульшового суглоба визначають базову схему післяопераційного знеболення як комбінацію парацетамолу та НПЗП/COX-2 інгібіторів, що призначаються у передопераційному або інтраопераційному періоді з подальшим продовженням після операції, тоді як опіоїди рекомендуються лише як rescue-терапія. Аналогічний підхід запропоновано і в рекомендаціях PROSPECT для онкологічної хірургії молочної залози, де парацетамол у поєднанні з НПЗП визначається як системна база мультимодальної аналгезії, а опіоїди застосовуються лише за необхідності [6, 7].

Подібна концепція підтримується і мультидисциплінарним guideline з післяопераційного болю (2016), який прямо рекомендує застосування мультимодальних режимів аналгезії, що включають неопіоїдні анальгетики та (за наявності показань) регіонарні методики [8]. У консенсусному документі Pain Summit (2022) також підкреслюється необхідність переходу до індивідуалізованих мультимодальних та опіоїд-зберігаючих стратегій, які розглядаються як основа для формування клінічних pathway та подальших рекомендацій [9].

Важливим компонентом зменшення опіоїдного навантаження є також регіонарна аналгезія. У рекомендаціях Американського товариства анестезіологів (2026) щодо застосування локальних і регіонарних методів

аналгезії при кардіоторакальних та абдомінальних втручаннях, а також мастектомії, fascial plane blocks strongly recommended для зниження післяопераційного болю та/або потреби в опіоїдах у перші 24 години після операції, хоча зазначається різна якість наявних доказів [10, 11].

Водночас концепція opioid-free anesthesia (OFA) залишається дискусійною. За даними систематичного огляду і метааналізу рандомізованих досліджень, порівняння OFA з традиційною opioid-based anesthesia (OBA) не продемонструвало клінічно значущої різниці у післяопераційному болю або споживанні опіоїдів у ранньому післяопераційному періоді (наприклад, pooled різниця NRS ≈0,39 бала; opioid consumption ≈4 MME). Це свідчить про те, що OFA не є універсальною альтернативою опіоїдам, а радше специфічним інструментом, ефективність якого залежить від конкретного клінічного протоколу та популяції пацієнтів [12].

Метамізол (анальгін) також можуть використовувати як додатковий неопіоїдний анальгетик. Водночас його використання супроводжується регуляторними обмеженнями через ризик агранулоцитозу, що потребує належного фармаконагляду. Наявні клінічні дані свідчать про потенційний opioid-sparing ефект метамізолу у певних клінічних ситуаціях, однак обсяг високоякісних рандомізованих досліджень у післяопераційному періоді наразі є менш значним порівняно з парацетамолом [1].

Таб. 1

Ключові дослідження opioid-sparing аналгезії за 2018-2026 р.р.

Автор	Рік	Дизайн	n	Основні результати
Guo	2018	метааналіз	≈900(пул)	↓ опіоїдоспоживання
Yin	2022	мультицентровий RCT	235	↓ морфіну ~2.5 мг
Stessel	2023	мультицентровий RCT	110	метамізол без переваги
Sumphaongern T., Jansisyanont P.	2024	мультицентровий RCT	62	значне ↓ морфіну
Doleman	2025	метааналіз RCT	845	↓ морфіну за 24 год (~2.4 мг)
Seidenberg	2026	cohort	>1000	↓ MME при scheduled метамізолі

Висновок. Аналіз сучасних досліджень і клінічних рекомендацій показує, що підходи до післяопераційного знеболення поступово змінюються. Все більше

уваги приділяється застосуванню парацетамолу та нестероїдних протизапальних препаратів як основи знеболення, що дозволяє зменшити потребу в опіоїдних анальгетиках. Такий підхід допомагає знизити ризик їх побічних ефектів і водночас забезпечити достатній контроль післяопераційного болю.

Список використаних джерел

1. Zhang Z., Wang J.-J., Ping Z.-G., Jin X.-G., Yang J.-J., Wang Y., Chu Q.-J. The impact of opioid-sparing analgesia on postoperative pain and recovery: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // Pain Group of the Chinese Society of Anesthesiology. PubMed Central. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12484494/ (дата звернення: 25.03.2026).

2. Yin F., Ma W., Liu Q., Xiong L.-L., Wang T.-H., Li Q., Liu F. Efficacy and safety of intravenous acetaminophen (2 g/day) for reducing opioid consumption in Chinese adults after elective orthopedic surgery: a multicenter randomized controlled trial // Frontiers : веб-сайт. URL: https://www.frontiersin.org/journals/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2022.909572/full (дата звернення: 25.03.2026).

3. Sumphaongern T., Jansisyanont P. Single dose intravenous paracetamol versus placebo in postorthognathic surgery pain: a randomized clinical trial // Anesthesiology Research and Practice. 2024. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10957247/pdf/ARP2024-8898553.pdf (дата звернення: 25.03.2026).

4. Lu B., Tian A.-X., Fan Z.-R., Zhao X.-W., Jin H.-Z., Ma J.-X., Ma X.-L. Effectiveness of oral vs intravenous acetaminophen on pain management following total joint arthroplasty: a systematic review and meta-analysis // World Journal of Orthopedics. 2025. Vol. 16, No. 4. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12019136/ (дата звернення: 25.03.2026).

5. Cascorbi I., Baron R. Metamizole: indications and risks // Deutsches Ärzteblatt International. 2026. Vol. 123. P. 27–34. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12980816/pdf/dai-123-1-arztebl.m2025.0214.pdf (дата звернення: 25.03.2026).

6. PROSPECT Working Group, European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy. Summary recommendations: elective total hip arthroplasty 2019 // ESAREurope : веб-сайт. URL: https://esraeurope.org/wp-content/uploads/2021/05/Summary-recommendations_THA_2019_EN.pdf (дата звернення: 30.03.2026).

7. Jacobs A., Lemoine A., Joshi G.P., Van de Velde M., Bonnet F.; PROSPECT Working Group collaborators. PROSPECT guideline for oncological breast surgery: a systematic review and procedure-specific postoperative pain management recommendations // Anaesthesia. 2020. Vol. 75, No. 5. P. 664–673. DOI: 10.1111/anae.14964. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7187257/pdf/ANAE-75-664.pdf (дата звернення: 30.03.2026).

8. Chou R., Gordon D.B., de Leon-Casasola O.A., Rosenberg J.M., Bickler S., Brennan T., et al. Management of Postoperative Pain: A Clinical Practice Guideline From the American Pain Society, the American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine, and the American Society of Anesthesiologists' Committee on Regional Anesthesia, Executive Committee, and Administrative Council // *The Journal of Pain* : веб-сайт. 2016. Vol. 17, Issue 2. DOI: 10.1016/j.jpain.2015.12.008. URL: https://www.jpain.org/article/S1526-5900(15)00995-5/fulltext (дата звернення: 06.04.2026).

9. Mariano E.R. et al. A multisociety organizational consensus process to define guiding principles for acute perioperative pain management // Regional Anesthesia & Pain Medicine. 2022. Vol. 47. P. 118–127. DOI: 10.1136/rapm-2021-10308. URL: https://www.ilpmp.org/CDC/PeriOpGuidelinesASRM.pdf (дата звернення: 30.03.2026).

10. Gerriets V., Patel P., Nappe T. M. Acetaminophen // *StatPearls [Internet]* : веб-сайт. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024. Last Update: 11 January 2024. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482369/ (дата звернення: 06.04.2026).

11. Zhang Z., Wang J.-J., Ping Z.-G., Jin X.-G., Yang J.-J., Wang Y., Chu Q.-J. The Impact of Opioid-Sparing Analgesia on Postoperative Pain and Recovery: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials // *Pain Group of the Chinese Society of Anesthesiology* : веб-сайт. 2025. PMCID: PMC12484494. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/41363869/ (дата звернення: 06.04.2026).

12. Sumphaongern T., Jansisyanont P. Single-dose intravenous paracetamol versus placebo in postorthognathic surgery pain: a randomized clinical trial // *Anesthesiology Research and Practice* : веб-сайт. 2024. DOI: 10.1155/2024/8898553. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37515877/ (дата звернення: 06.04.2026).

МЕДСЕСТРИНСЬКИЙ СУПРОВІД СКЛАДНИХ СХЕМ ЛІКУВАННЯ: НОВІТНІ ІНСТРУМЕНТИ ТА ФАРМАКОЛОГІЧНА ГРАМОТНІСТЬ

Гнатенко Тамара Степанівна
PhD, викладач кафедри фармацевтичних дисциплін
Черкаська медична академія

Вельган Ріта Петрівна
викладач циклової комісії фахових
фармацевтичних дисциплін

Кулініч Наталія Сергіївна
студентка ОП «Медсестринство»
Черкаська медична академія

Сучасний етап розвитку клінічної медицини характеризується стрімкою інтенсифікацією фармакотерапевтичних підходів, що вимагає переосмислення ролі середнього медичного персоналу в лікувально-діагностичному процесі. В умовах мультиморбідності пацієнтів та використання складних схем лікування, що включають поліфармакотерапію, критичного значення набуває фармакологічна грамотність фахівців за спеціальністю 223 «Медсестринство». Трансформація наукових досліджень та освіти через сучасні технології дозволяє інтегрувати високотехнологічні інструменти в щоденну практику медичної сестри, забезпечуючи максимальну безпеку пацієнта та ефективність призначеного лікування.[1.2.3]

Центральною ланкою медсестринського супроводу є моніторинг терапевтичної відповіді та запобігання побічним реакціям лікарських засобів. Фармакологічна компетентність медичної сестри базується на глибокому розумінні фармакокінетики та фармакодинаміки препаратів, особливо в контексті їх взаємодії. При застосуванні складних схем, що включають антикоагулянти, цитостатики або таргетні препарати, медична сестра виступає першим етапом контролю безпеки. Відповідно до вимог Наказу МОЗ України № 898, моніторинг побічних реакцій є невід'ємною частиною професійних обов'язків, що вимагає від фахівця знання алгоритмів звітності та розпізнавання ранніх ознак медикаментозних ускладнень.[2]

Впровадження цифрових технологій, таких як електронні листки призначень та системи підтримки прийняття клінічних рішень (CDSS), значно знижує ризик помилок, пов'язаних із людським фактором. Використання штрих-кодування препаратів та автоматизованих дозаторів (інфузоматів) дозволяє забезпечити точне титрування дози та дотримання часових інтервалів уведення, що є критичним для препаратів із вузьким терапевтичним індексом. Сучасна медична

сестра має не лише володіти технічними навичками роботи з цією апаратурою, а й розуміти клінічне значення кожного параметра моніторингу.[4]

Особливої уваги заслуговує проблема раціональної антибіотикотерапії. У контексті глобальної загрози антибіотикорезистентності, медсестринський персонал відіграє ключову роль у реалізації стратегії інфекційного контролю. Згідно з Наказом МОЗ України № 1614, медична сестра здійснює суворий нагляд за часом введення антимікробних препаратів, що є фундаментом підтримання стабільної мінімальної пригнічуючої концентрації (МПК) в крові пацієнта. [1] Розуміння відмінностей між бактерицидними та бактеріостатичними засобами, а також знання специфіки розведення антибіотиків дозволяє уникнути інактивації діючих речовин та знизити ризик системних помилок.[5]

Науково-технологічний прогрес відкриває шлях до впровадження елементів персоніфікованої медицини, де медсестра координує виконання фармакогенетичних тестів. Знання того, як генетичний поліморфізм ферментів системи цитохрому Р450 впливає на метаболізм ліків, дозволяє медсестрі прогнозувати «гіпервідповідь» або неефективність терапії у конкретного пацієнта. Це особливо важливо при роботі з препаратами для лікування серцево-судинних та онкологічних захворювань. Такий підхід вимагає від здобувача освіти не простого зазубрювання назв препаратів, а глибокого аналізу патофізіологічних процесів, що відбуваються в організмі під впливом ксенобіотиків.[1.2]

Особливої уваги заслуговує роль медсестринського персоналу в забезпеченні прихильності пацієнта до лікування (комплаєнсу). У складних схемах терапії хронічних захворювань саме медична сестра здійснює навчання пацієнта, пояснюючи правила прийому препаратів, їх взаємодію з їжею та потенційні ризики самовільної відміни. Використання мобільних додатків для нагадування про прийом ліків та телемедичних платформ для дистанційного консультування стає новим стандартом медсестринського догляду. Це корелює зі стратегічними напрямами розвитку медсестринства в Україні, де акцент зміщується з суто маніпуляційної функції на консультативно-координаційну.[5]

Фармакологічна грамотність також передбачає чітке дотримання протоколів безпечного поводження з небезпечними лікарськими засобами. При супроводі хіміотерапевтичних схем або роботі з препаратами високого ризику, медична сестра забезпечує не лише безпеку пацієнта, а й власну професійну безпеку, використовуючи сучасні закриті системи передачі ліків (CSTDs). Це підкреслює необхідність безперервного професійного розвитку (БПР), де теоретичні знання фармакології постійно оновлюються з урахуванням нових клінічних рекомендацій та стандартів медичної допомоги, затверджених на державному рівні.

Важливим аспектом є інтеграція медсестринського процесу в систему фармаконагляду. Збір анамнезу щодо алергічних реакцій, оцінка нутритивного статусу пацієнта та врахування генетичних особливостей (фармакогенетичний аспект) стають частиною комплексної медсестринської оцінки. Завдяки впровадженню медичних інформаційних систем (МІС), дані про стан пацієнта

обробляються в реальному часі, що дозволяє мультидисциплінарній команді оперативно коригувати схеми лікування. Таким чином, сучасні технології не замінюють медичну сестру, а стають потужним інструментом у її руках, підсилюючи інтелектуальну складову професії.[1]

Вища освіта у галузі «Медсестринство» повинна адаптуватися до цих викликів шляхом впровадження віртуальних симуляцій та кейс-методів у вивчення фармакології. Студенти мають навчитися працювати в умовах інформаційного перевантаження, виокремлюючи ключові ризики для кожного конкретного клінічного випадку. Тільки поєднання глибокої фундаментальної підготовки з фармакології та впевненого володіння сучасними цифровими інструментами дозволить медичній сестрі стати повноправним партнером лікаря у реалізації складних терапевтичних стратегій. Це сприятиме підвищенню якості надання медичної допомоги та зміцненню авторитету медсестринської професії на міжнародному рівні в епоху цифрових трансформацій.[1.2]

Список літератури:

1. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 1614 від 03.08.2021 «Про організацію профілактики інфекцій та інфекційного контролю в закладах охорони здоров'я та установах/закладах надання соціальних послуг з цілодобовим перебуванням пацієнтів».
2. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 898 від 27.12.2006 «Про затвердження Порядку здійснення нагляду за побічними реакціями лікарських засобів, дозволених до медичного застосування» (зі змінами та доповненнями).
3. Касевич Н. М. Основи медсестринства в модулях: навчальний посібник/Н.М. Касевич. Київ: Медицина, 2018. 480 С.
4. Чекман І. С., Горчакова Н. О. Фармакологія: підручник для студентів медичних факультетів вищих медичних навчальних закладів. Вінниця : Нова Книга, 2017. 771 С.
5. Стеценко В. Ю. Медичне право України: підручник. Київ. 2008. 274 С.

ФЕРОПТОЗ ЯК НОВИЙ МЕХАНІЗМ КЛІТИННОЇ ЗАГИБЕЛІ ТА ЙОГО РОЛЬ В ОНКОЛОГІЇ

Котенко Олександр Євстафійович,
к.мед.н, доцент кафедри онкології ХНМУ
Харківський Національний Медичний Університет

Кайнара Вадим Максимович,
здобувач вищої освіти 5-го курсу 3 мед. факультету
Харківський національний медичний університет

Денисенко Катерина Олександрівна
здобувачка вищої освіти 5-го курсу 3 мед. факультету
Харківський національний медичний університет

Вступ. Фероптоз є відносно новим напрямом в онкології, але він має величезний потенціал у майбутньому, особливо у подоланні лікарської резистентності пухлин. В умовах постійного зростання кількості онкологічних захворювань і деяких обмежень у застосуванні вже існуючих методів боротьби з ними, вивчення фероптозу відкриває нові можливості для розробки значно більш ефективних методів подолання онкопатологій.

Метою нашого дослідження є аналіз сучасних уявлень про механізми фероптозу, а також оцінка перспектив його використання як нового підходу до протипухлинної терапії.

Матеріали і методи. Було знайдено, переглянуто і проаналізовано багато нових публікацій на ресурсі “PubMed”, що були опубліковані в 2024-2025 роках.

Результати та обговорення. Фероптоз - це особливий тип програмованої клітинної смерті, що характеризується залізо залежним накопиченням ліпідних перекисів та порушенням антиоксидантного захисту клітини. На відміну від апоптозу або некрозу, він не супроводжується типовими морфологічними змінами. Наприклад, не відбувається конденсація хроматину або клітинний набряк, тобто проходять переважно біохімічниі процеси, пов’язані з окисним стресом та пероксидацією ліпідів [1,2].

Ключовою ланкою у запобіганні фероптозу є системи антиоксидантного захисту (наприклад, глутатіон-залежна пероксидаза), які нейтралізують ліпідні гідропероксиди. Саме їх інактивація призводить до неконтрольованого ушкодження клітинних мембран і загибелі клітин [1,2].

Також, важливим патогенетичним фактором є порушення обміну заліза, що сприяє утворенню активних форм кисню через реакції Фентона, що посилює оксидативний стрес і запускає фероптоз. Крім того, значну роль відіграє система транспорту цистину (SLC7A11), що забезпечує синтез глутатіону. Її пригнічення знижує антиоксидантний потенціал клітини та підвищує чутливість до фероптозу [3,4].

Однак, подальші дослідження показали те, що пухлинні клітини здатні непогано адаптуватися до умов оксидативного стресу та формувати стійкість до фероптозу шляхом активації захисних сигнальних шляхів. Наприклад, підвищена експресія антиоксидантних систем і регуляторів метаболізму заліза дозволила клітинам уникнути критичного накопичення токсичних ліпідних перекисів. Це говорить про те, що ефективність індукції фероптозу в онкології все ж таки значно залежить від здатності подолати ці системи захисту, що може відкрити подальші перспективи для комбінованої протипухлинної терапії [4].

Тому гарним методом лікування онкопатології є комбінація класичних методів з фероптозом, бо його активація здатна підвищувати чутливість пухлин до стандартних методів лікування, включаючи хіміотерапію та таргетну терапію, та, в тому числі, сприяти зниженню рівня метастазування. Особливо перспективним є застосування індукторів фероптозу в межах комбінованих терапевтичних підходів. Це дозволяє одночасно впливати на кілька патогенетичних ланок пухлинного процесу та підвищувати загальну ефективність лікування [5].

В ході досліджень було визначено, щоб повною мірою реалізувати терапевтичний потенціал фероптозу необхідно дотримуватися кількох ключових напрямків досліджень [6].

По-перше, підходи прецизійної медицини є важливими для визначення біомаркерів, які прогнозують чутливість або стійкість до індукції фероптозу. Використовуючи мультиомічний аналіз та машинне навчання, дослідники можуть стратифікувати пацієнтів, які отримають найбільшу користь від терапії, спрямованої на фероптоз, що дозволяє розробляти індивідуальні стратегії лікування. Такий персоналізований підхід є критично важливим, враховуючи контекстно-залежний характер ефектів фероптозу [6].

По-друге, інтеграція FIN з імунотерапією та іншими методами лікування має значні перспективи для подолання стійкості до терапії. Розуміння синергетичних ефектів цих комбінацій буде життєво важливим для оптимізації ефективності лікування та покращення результатів лікування пацієнтів [6].

По-третє, необхідне подальше дослідження нових модуляторів фероптозу, особливо тих, що отримані з натуральних продуктів. Ці агенти повинні бути розроблені з покращеною специфічністю та зменшеними нецільовими ефектами, щоб максимізувати терапевтичну користь, мінімізуючи токсичність [6].

По-четверте, пріоритетом є просування терапій на основі фероптозу до клінічних випробувань. Це включає перевірку доклінічних результатів у дослідженнях на людях та вирішення проблем безпеки, зокрема делікатного балансу між індукцією фероптозу в пухлинних клітинах та зменшенням надмірного запалення. Зрештою, необхідне всебічне розуміння регуляторних мереж, що включають фероптоз, включаючи його взаємодію з іншими шляхами клітинної смерті, метаболізмом та імунною сигналізацією [6].

Вплив на шляхи фероптозу в пухлинних клітинах стає перспективною протираковою стратегією. Але існує суттєва проблема, що полягає в резистентності ракових пухлин до цієї методики. Незважаючи на широкі

дослідження механізму, що лежить в основі стійкості до фероптозу в ракових клітинах, багато питань залишаються без відповіді. Наприклад, чи можуть індуктори фероптозу, як нові агенти клітинної загибелі, бути ефективними кандидатами в терапії пухлин? Як слід визначити пріоритети та націлитися на ключові молекули в шляхах фероптозу? Крім того, як лікар може точно націлитися на регуляторні модулятори, що залучають вісь, що пригнічує фероптоз, для подолання резистентності пухлини? [7].

Практичні наслідки фероптозу в контексті резистентності пухлин відкривають новий напрямок у терапії, спрямованій на його ключові регулятори. Однак специфічні інгібітори фероптозу ще не увійшли в клінічну практику, і значна частина досліджень резистентності до фероптозу залишається обмеженою доклінічними дослідженнями. Цю дилему можуть пояснювати кілька факторів [7].

По-перше, зменшення токсичності та позацільового впливу індукторів фероптозу залишається проблемою. По-друге, обмежена біодоступність та специфічність певних індукторів фероптозу перешкоджають їхньому впровадженню в клінічну практику. По-третє, гетерогенність пухлини та варіації в експресії генів створюють суттєві перешкоди для ефективності цільових сполук при різних типах раку, тим самим зменшуючи їх клінічне застосування [7].

Отже, більш ретельний скринінг потенційних інгібіторів фероптозу має вирішальне значення для просування терапії пухлин. Гарне розуміння того, як пухлинні клітини адаптуються та розвивають стійкість до ліків, максимізує ефективність терапії, спрямованої на запобігання фероптозу [7].

Висновки. Отже, фероптоз є перспективним механізмом програмованої клітинної загибелі, що відкриває нові можливості в онкології, зокрема для подолання резистентності пухлин до традиційної терапії. Його індукція може підвищувати ефективність лікування, особливо у складі комбінованих підходів. Водночас ефективність фероптоз-орієнтованої терапії обмежується адаптаційними механізмами пухлинних клітин, що зумовлює необхідність подальших досліджень. Перспективними напрямами є персоналізовані підходи, пошук нових модуляторів та впровадження клінічних випробувань. Отже, фероптоз має значний потенціал як терапевтична мішень, однак потребує подальшого вивчення для повноцінного клінічного застосування.

Список літератури

1. Zeng, L., Liu, X., Geng, et al. (2024). Ferroptosis in cancer (Review). Oncology letters, 28(1), 304. https://doi.org/10.3892/ol.2024.14437

2. Zhou, Q., Meng, Y., Li, D. et al. Ferroptosis in cancer: from molecular mechanisms to therapeutic strategies. Sig Transduct Target Ther 9, 55 (2024). https://doi.org/10.1038/s41392-024-01769-5

3. Singh, M., Arora, H. L., Naik, R., et al. (2025). Ferroptosis in Cancer: Mechanism and Therapeutic Potential. International journal of molecular sciences, 26(8), 3852. https://doi.org/10.3390/ijms26083852

4. Yang, H., Zhang, X., Jia, Z., et al. (2025). Targeting ferroptosis in prostate cancer management: molecular mechanisms, multidisciplinary strategies and translational perspectives. Journal of translational medicine, 23(1), 166. https://doi.org/10.1186/s12967-025-06180-4

5. Yang, Y., Yu, S., Liu, W., et al. (2025). Ferroptosis-related signaling pathways in cancer drug resistance. Cancer drug resistance (Alhambra, Calif.), 8, 1. https://doi.org/10.20517/cdr.2024.151

6. Shen, G., Liu, J., Wang, Y., et al. (2025). Ferroptosis in Cancer and Inflammatory Diseases: Mechanisms and Therapeutic Implications. MedComm, 6(9), e70349. https://doi.org/10.1002/mco2.70349

7. Wang, Y., Yu, G., & Chen, X. (2024). Mechanism of ferroptosis resistance in cancer cells. Cancer drug resistance (Alhambra, Calif.), 7, 47. https://doi.org/10.20517/cdr.2024.127

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ЛИВАРНОГО ПІСКУ ДЛЯ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ

Чубіна Олена,
к.т.н, доцент,
Дніпровський державний технічний університет

Пантейков Сергій,
к.т.н, доцент,
Дніпровський державний технічний університет

Суботін Андрій,
магістр,
Дніпровський державний технічний університет

Сучасне ливарне виробництво є однією з найбільш матеріаломістких галузей промисловості, у якій широко використовуються кварцові формувальні піски. У процесі виготовлення виливків формувальні та стрижневі суміші піддаються високотемпературному впливу, внаслідок чого змінюються їх фізико-хімічні властивості. Після багаторазового використання пісок втрачає технологічні характеристики та накопичується у вигляді промислових відходів. Значні обсяги відпрацьованого ливарного піску створюють екологічні проблеми, пов’язані зі складуванням, забрудненням ґрунтів і атмосферного повітря, тому питання його регенерації та повторного використання є надзвичайно актуальним.

За даними American Foundry Society, у США щорічно повторно використовується близько 2,6 млн тонн відпрацьованого ливарного піску, що становить приблизно 28,18 % від загального обсягу матеріалу, придатного до регенерації. Середній обсяг закупівлі піску одним ливарним підприємством становить 9131 т на рік, тоді як повторно використовується лише 3281 т. Це свідчить про значний потенціал удосконалення технологій переробки та розширення сфер застосування вторинної сировини [1-2].

Одним із найбільш поширених способів очищення відпрацьованого формувального піску є механічна регенерація. Її суть полягає у руйнуванні адгезійних зв’язків між кварцовими зернами та залишками глинистих або смоляних компонентів. У дослідженнях Д.М. Кукуй [3] встановлено, що ударно-відтирочна механічна обробка забезпечує ефективне очищення поверхні зерен та відокремлення пилоподібної фракції за допомогою повітряної сепарації.

Для оцінки ефективності регенерації було проведено аналіз втрат при прожарюванні різних матеріалів.

Мікроскопічний аналіз показав, що зерна відвальної суміші мають значну кількість сторонніх включень і темне забарвлення, тоді як після регенерації поверхня піску стає світло-сірою та практично очищеною від домішок. Втрати при прожарюванні для свіжого формувального піску становили лише 0,16 %, для

відвальної суміші — 3,98 %, а після механічної регенерації цей показник зменшувався до 1,18 % (табл. 1).

Таблиця 1.
Втрати при прожарюванні різних матеріалів

Матеріал	Втрати при прожарюванні, %
Свіжий формувальний пісок	0,16
Відвальна формувальна суміш	3,98
Регенерований пісок	1,18
Відходи регенерації	20,40

Дослідження гранулометричного складу показали, що регенерований матеріал майже повністю відповідає свіжому кварцовому піску. Коефіцієнт однорідності свіжого піску становив 81,7 %, тоді як для регенерату він досягав 85 % (рис.1).

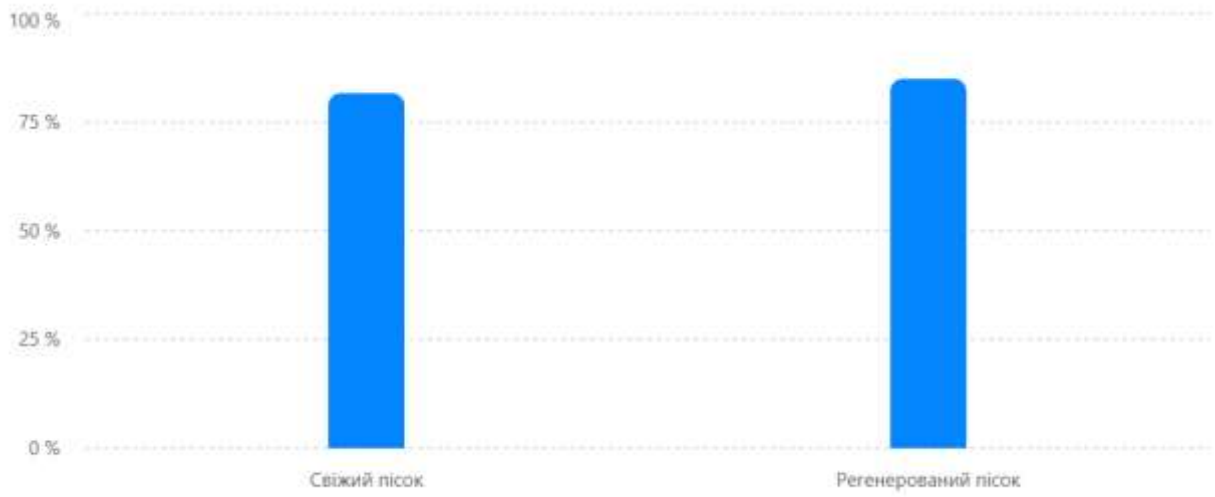


Рисунок 1. Порівняння коефіцієнту однорідності свіжого та регенерованого піску.

Джерело рисунка: розробка автора.

Отримані результати свідчать про високу ефективність механічного очищення та можливість повторного використання матеріалу у виробництві формувальних сумішей.

Важливим етапом дослідження стало визначення впливу регенерованого піску на властивості ливарних сумішей. Встановлено, що додавання 15 % регенерату до холоднотвердіючих сумішей практично не впливає на кінцеву міцність матеріалу. При збільшенні вмісту смоли до 3 % і каталізатора до 1,5 % частка регенерованого піску може бути підвищена до 30 %, при цьому міцність

на розрив через 24 години твердіння становить 2,3–2,5 МПа. Для піщано-глинистих сумішей введення до 10 % регенерату не призводило до погіршення газопроникності або текучості, а міцність на стиск навіть підвищувалась до 1,24–1,27 МПа.

Крім механічної регенерації, значну увагу приділяють термічним методам очищення. У патенті US4130436 [4] описано технологію термічної регенерації при температурах від 1400 до 2500 °F. На першому етапі при температурах 1400–1600 °F відбувається вигорання органічних смол і вуглецевих домішок. Подальше нагрівання до 1800–2200 °F забезпечує спікання глинистих домішок на поверхні зерен та зменшує їх поглинальну здатність. При температурах 2200–2500 °F знижується кислотна потреба піску, що дозволяє наблизити властивості регенерату до характеристик нового кварцового матеріалу.

Для порівняння основних методів очищення було сформовано узагальнену таблицю 2.

Таблиця 2.
Порівняння основних методів очищення

Показник	Механічна регенерація	Термічна регенерація
Принцип очищення	Ударно-відтирочне очищення	Випалювання домішок
Температура процесу	Без нагріву	1400–2500 °F
Видалення смол	Часткове	Практично повне
Енергоспоживання	Низьке	Високе
Якість очищення	Середня	Висока
Вартість процесу	Нижча	Вища

Термічна регенерація забезпечує більш глибоке очищення, однак потребує значних енергетичних витрат. Разом із тим вона дозволяє уникнути утворення шкідливих органічних викидів та забезпечує практично повне відновлення технологічних властивостей піску. У процесі нагрівання органічні домішки повністю вигорають, а глинисті компоненти утворюють інертну оболонку на поверхні зерен.

Отримані результати свідчать про значну економічну та екологічну ефективність повторного використання ливарного піску. Впровадження сухої механічної регенерації дозволяє скоротити витрати свіжого кварцового піску на 30–40 %, зменшити витрати на транспортування та захоронення відходів, а також знизити негативний вплив ливарного виробництва на навколишнє середовище.

Таким чином, регенерація відпрацьованого ливарного піску є перспективним напрямом розвитку ресурсозберігаючих технологій у ливарній промисловості. Використання механічних і термічних методів очищення дозволяє значно скоротити обсяги промислових відходів, підвищити ефективність використання природних ресурсів та забезпечити екологічну безпеку виробництва.

Список літератури:

1. Recycling Sand from Foundry Casting Molds [Електронний ресурс] // 911 Metallurgist. – Режим доступу: https://www.911metallurgist.com/blog/recycling-sand-foundry-casting-mold/ (дата звернення: 01.05.2026).

2. Beneficial Reuse of Foundry Sand: Results and Analysis [Електронний ресурс] / American Foundry Society. – Режим доступу: https://afsinc.s3.amazonaws.com/Documents/FIRST/afs_beneficial_reuse_%20survey07.pdf (дата звернення: 02.05.2026).

3. Перспективные технологии, материалы и оборудование в литейном производстве : материалы II Междунар. науч.-техн. конф., 7–11 сентября 2009 г. / под общ. ред. А. Н. Фесенко. – Краматорск : ДГМА, 2009. – 236 с. – ISBN 978-966-379-356-6.

4. Process for reclaiming waste foundry sand : Patent US4130436A [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://patents.google.com/patent/US4130436A/en (дата звернення: 02.05.2026).

KOGNITIVES MODELLIEREN VON HANDLUNGEN IM DEUTSCHEN COMPUTERFACHLICHEN DISKURS: ANALYSE VON ANGLIZISMEN

Boguslavskyi Sergii
Doktor, Germanistiklehrstuhlleiter
Nationale I. I. Metschnikow-Universität Odesa

Maslova Yana
Studentin
Nationale I. I. Mechnikov-Universität Odesa
Odesa, Ukraine

Einleitung. Die fortschreitende Digitalisierung sowie die globale Dominanz des Englischen als Fachsprache der Informationstechnologien führen zu einer kontinuierlichen Erweiterung des deutschen computerfachlichen Wortschatzes durch Anglizismen. Die Erscheinungsformen, Funktionen und Integrationsmechanismen von Anglizismen im Deutschen wurden bereits umfassend von P. Eisenberg, S. Burmasova, Y. Chang sowie A. Onysko untersucht. Die Grundlagen der Fachsprachenforschung legte T. Roelcke dar. Aus der Perspektive der kognitiven Linguistik bieten die Arbeiten von R. W. Langacker, C. J. Fillmore und A. E. Goldberg einen theoretischen Rahmen zur Beschreibung sprachlicher Konzeptualisierung.

Trotz der intensiven Erforschung von Anglizismen bleibt jedoch die Frage offen, wie englische Lehnwörter im deutschen Computerfachdiskurs nicht auf eine reine Benennungsfunktion beschränkt bleiben, sondern zur kognitiven Strukturierung technischer Handlungsabläufe beitragen. Aus dieser bislang unzureichend beschriebenen Perspektive ergibt sich die wissenschaftliche Relevanz der vorliegenden Untersuchung.

Ziel der Arbeit. Ziel der Untersuchung ist es, die Mechanismen der kognitiven Modellierung technischer Handlungen im deutschen computerfachlichen Diskurs anhand von Anglizismen zu identifizieren und zu beschreiben sowie ihre semantisch-konzeptuellen Besonderheiten und diskursiven Funktionen darzustellen. Im Zentrum der Analyse steht die Untersuchung derjenigen Handlungstypen, die durch Anglizismen bevorzugt sprachlich realisiert werden und welche kognitiven Modelle diese Benennungen aktivieren.

Material und Methoden. Methodologisch basiert die Untersuchung auf einem kognitiv-onomasiologischen Zugriff, der Benennungsentscheidungen als Ergebnis konzeptueller Profilierungsprozesse interpretiert, der mit Verfahren der Frame- und Skriptanalyse sowie der propositionell-diktumhaften Motivationsanalyse kombiniert wird. Den theoretischen Rahmen bilden die kognitive Grammatik R. W. Langackers, die Frame-Semantik C. J. Fillmores und die Konstruktionsgrammatik A. E. Goldbergs.

Als empirische Grundlage dient ein Korpus deutschsprachiger computerfachlicher Texte unterschiedlicher Textsorten, in denen handlungsbezogene Anglizismen als wiederkehrende Benennungseinheiten identifiziert wurden (Anleitungen, Hilfetexte, Quick-Start-Guides, Tutorials, technische Blogbeiträge), aus denen handlungsbezogene Anglizismen mittels selektiver Exzerption gewonnen wurden. Zur Anwendung kommen kontextuelle Analyse, semantische Komponenten- bzw. Merkmalsanalyse, kognitiv-onomasiologische Interpretation der Benennungsmotivation sowie Elemente der Frame- und Szenarioanalyse. Die Klassifikation der Einheiten erfolgt nach Handlungstypen (Prozess – Übergang – Resultat).

Ergebnisse und Diskussion. Die durchgeführte Analyse macht deutlich, dass handlungsbezogene Anglizismen im deutschen computerfachlichen Diskurs über ihre entlehnungsbedingte Herkunft hinaus als strukturierende Elemente fachlicher Handlungskonzeptualisierung wirken, sondern als zentrale Mittel der kognitiven Strukturierung technischer Handlungen. Sie modellieren Handlungen bevorzugt als prozessuale, ergebnisorientierte und mehrphasige Abläufe und sind häufig mit einer klaren Zuschreibung von Agentivität verbunden.

Im Rahmen der propositionell-diktumhaften Modellierung wirken Anglizismen als diktumhafte Träger konventionalisierter Handlungskonzepte. Sie ermöglichen es, komplexe technische Handlungen in propositionalen Strukturen implizit verfügbar zu machen, ohne deren interne Abläufe explizit darzustellen. So aktiviert beispielsweise der Anglizismus *downloaden* das propositionale Muster „Daten werden übertragen → danach sind sie verfügbar“, während *booten* einen Übergang („System wird gestartet → betriebsbereit“) und *resetten* eine Rückführung auf einen Ausgangszustand kodiert.

Auf dieser analytischen Grundlage lassen sich vier prototypische kognitive Modellierungsformen technischer Handlungen unterscheiden: (1) ein Modell prozessual strukturierter manipulativer Handlungsszenarien (aktiviert durch *Phishing*, *Fake Hacking*); (2) ein Modell zielgerichteter technisch-operativer Resultatskonfigurationen (*Test*, *Speed Test*); (3) ein Modell mehrphasig organisierter verteilter Prozessarchitekturen (*Cloud-Computing*, *Edge Computing*); (4) ein Modell technisch gerahmter handlungspraktischer Nutzerinteraktion (*Gaming*). Die rekonstruierten Modelle unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Phasenstruktur, Agentivität und Zielorientierung.

Innerhalb dieser Modelle übernehmen handlungsbezogene Anglizismen mehrere zentrale Funktionen: Sie aktivieren Handlungsskripte, verdichten komplexe mehrphasige Abläufe in einer einzigen lexikalischen Einheit, standardisieren wiederkehrende Handlungstypen und steuern die Erwartungshaltung der Rezipierenden hinsichtlich Verlauf und Ergebnis. Darüber hinaus tragen sie zur Stabilisierung gemeinsamer Wissensbestände innerhalb der fachlichen Diskursgemeinschaft bei und fungieren als Marker fachlicher Expertise.

Schlussfolgerungen. Handlungsbezogene Anglizismen im deutschen computerfachlichen Diskurs sind nicht auf eine rein terminologische Benennungsfunktion reduzierbar. Sie fungieren als zentrale semantisch-konzeptuelle Instrumente der kognitiven Modellierung technischer Handlungsstrukturen, die sowohl

die sprachliche Darstellung als auch den kognitiven Zugriff auf komplexe technische Prozesse strukturieren.

Der kognitiv-onomasiologische Ansatz in Verbindung mit der Analyse propositionell-diktumhafter Motivation erweist sich als geeignetes Instrumentarium zur Beschreibung dieser Modellierungsleistung. Die vorliegenden Ergebnisse erweitern das Verständnis der funktionalen Rolle von Anglizismen innerhalb der kognitiv strukturierten Fachkommunikation digitaler Technologien in fachsprachlichen Diskursen und zeigen, dass deren Funktion weit über die lexikalische Entlehnung hinausgeht. Anglizismen lassen sich damit als stabile kognitive Operatoren der fachsprachlichen Wissensorganisation im digitalen Kommunikationsraum interpretieren im Bereich der digitalen Technologien.

Literaturverzeichnis

1. Burmasova S. *Empirische Untersuchung der Anglizismen im Deutschen: am Material der Zeitung Die WELT (Jahrgänge 1994 und 2004)*. Bamberg: University of Bamberg Press, 2010. 294 S.
2. Chang Y. *Anglizismen in der deutschen Fachsprache der Computertechnik: Eine korpuslinguistische Untersuchung zu Wortbildung und Bedeutungskonstitution fachsprachlicher Komposita*. Frankfurt am Main: Peter Lang, 2005. 204 S.
3. Eisenberg P. Anglizismen im Deutschen // *Reichtum und Armut der deutschen Sprache: Erster Bericht zur Lage der deutschen Sprache* / Deutsche Akademie für Sprache und Dichtung, Union der deutschen Akademien der Wissenschaften (Hrsg.). Berlin; Boston: De Gruyter, 2013. S. 57–119.
4. Eisenberg P. Die grammatische Integration von Fremdwörtern: Was fängt das Deutsche mit seinen Latinismen und Anglizismen an? // *Neues und Fremdes im deutschen Wortschatz: Aktueller lexikalischer Wandel* / hrsg. von G. Stickel. Berlin; New York: de Gruyter, 2001. S. 183–209.
5. Evans V., Green M. *Cognitive Linguistics: An Introduction*. Edinburgh: Edinburgh University Press, 2006. 857 S.
6. Fillmore C. J. Frame Semantics // *Linguistics in the Morning Calm: Selected Papers from SICOL-1981* / ed. by The Linguistic Society of Korea. Seoul: Hanshin Publishing Co., 1982. S. 111–137.
7. Goldberg A. E. *Constructions: A Construction Grammar Approach to Argument Structure*. Chicago; London: The University of Chicago Press, 1995. 271 S.
8. Lakoff G., Johnson M. *Metaphors We Live By*. Chicago: The University of Chicago Press, 1980. 242 S.
9. Langacker R. W. *Foundations of Cognitive Grammar. Vol. 1: Theoretical Prerequisites*. Stanford: Stanford University Press, 1987. 540 S.
10. Onysko A. *Anglicisms in German: Borrowing, Lexical Productivity, and Written Codeswitching*. Berlin; New York: De Gruyter, 2007. 376 S.
11. Roelcke T. *Fachsprachen*. Berlin: Erich Schmidt, 1999. 250 S.
12. Schlobinski P. *Jugendsprache. Fiktion und Wirklichkeit* / P. Schlobinski, G. Kohl, I. Ludewigt. Opladen: Westdt. Verl, 1993. 241 S.

13. Stickel G. (Hrsg.). *Neues und Fremdes im deutschen Wortschatz: Aktueller lexikalischer Wandel*. Berlin; New York: de Gruyter, 2001. 388 S.

14. Talmy L. *Toward a Cognitive Semantics. Vol. 1: Concept Structuring Systems*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2000. 1076 S.

TRANSLATING GENDER IN MEDIA DISCOURSE: THE ROLE OF SPEAKER AND TRANSLATOR IDENTITY

Moroz Maryna
PhD Student
Kyiv National Linguistic University

Translating gender in media discourse is not a neutral act of linguistic transfer but a socially and politically situated practice shaped by both speaker and translator identities. Drawing on feminist translation studies, critical discourse studies (CDS), translanguaging theory, and cross-national research on language policy, this article proposes an integrated framework for understanding how gendered meanings travel across languages in media settings. The framework foregrounds two intertwined identities: the speaker, whose gendered voice, stance, and authority are embedded in the source text, and the translator or interpreter, whose professional ethos, training, institutional position, and policy environment mediate how gender is rendered for target audiences. It further emphasizes the analytic value of feminist translation and CDS for diagnosing both bias and resistance to bias in audio-visual and subtitled media, and introduces translanguaging as a lens for examining audience reception in multilingual contexts. In doing so, the article also examines the role of gender-neutral language guidelines, the political economy of translation, and the ethical obligations of media organizations, and outlines a practical research agenda and set of recommendations for more equitable, culturally sensitive translation of gender in media discourse.

Theoretical foundations: gender, translation, and media discourse

Feminist translation studies conceptualize translation as a site of intervention rather than as a transparent conduit, stressing strategies for disrupting hegemonic gender patterns, amplifying women's voices, and adapting cultural references to foreground gendered experiences. From this perspective, media translation acquires clear ethical and political significance, since subtitling and dubbing choices can either reproduce or contest gender bias embedded in source texts [3]. Empirical work on audiovisual translation demonstrates that translators exercise considerable agency as interpretive actors, with their decisions affecting the visibility of women and non-normative gender identities across languages and platforms.

CDS research treats translation as ideological work, shaped by power relations, discursive norms, and institutional constraints. Corpus-informed approaches show how gendered frames are maintained, softened, or reconfigured in translation, revealing patterns in the treatment of sexist language, stereotypes, and references to gendered roles [6]. Cross-national studies further indicate that gendered language in media policies, such as guidelines on gender-inclusive or gender-neutral forms, interacts with translation practices to define what kinds of gender representation are sanctioned, resisted, or problematized in transnational media products [19]. In this way, CDS offers

tools for tracing how speaker and translator identities jointly shape gendered meanings in multilingual media ecologies.

Language policy and broader sociopolitical contexts exert a strong influence on translation choices in media. Research from Europe and the Global South suggests that gender-related language policies often act as forms of "linguistic engineering" that seek to balance inclusive aspirations with cultural and political constraints, frequently resulting in gradual, negotiated reforms rather than radical change [17]. Analyses of politically charged discourses and policy debates show how translator identities are negotiated in relation to state aims, cultural legitimacy, and professional ethics when rendering gendered content for international audiences. These findings underscore that translating gender in media is inseparable from the wider sociopolitical dynamics that mold both speaker and translator subjectivities [1].

Speaker identity in media discourse: gender, voice, and stance

Media discourse constructs speakers as gendered subjects whose identities index credibility, authority, and affect. Studies of gendered language in news, entertainment, and online media demonstrate how gender ideologies surface in lexical choices, narrative framing, and evaluative stance, and how these choices influence audience perceptions and subsequent interpretation of translated content [11]. Ethnolinguistic research on online comments and participatory media further shows how audiences actively negotiate gendered identities in mediated spaces, reinforcing the non-neutral status of gendered voices in cross-linguistic communication.

Interpreters and translators routinely signal their stance in relation to original discourse through perspectivizing formulations such as "she argues" or "he claims," as well as through hedging, alignment markers, and evaluative commentary [9]. These metadiscursive cues shape how audiences attribute intent, authority, and accountability in translated media texts, thereby influencing the perception of gendered agency and legitimacy. In multilingual media environments, such perspectivizing practices become particularly salient, as they modulate cross-cultural understandings of gendered authority and can either reinforce or challenge dominant gender norms [22].

Gender rarely operates in isolation from race, class, sexuality, migration status, or language rights, and intersectional frames are frequently central to media narratives. Studies of legal discourse, policy debates, and activist media show that intersectional identities are constructed and contested through linguistic and semiotic choices, raising complex questions for translators tasked with rendering these configurations in other languages [18]. In contexts where policy incentives or nationalist rhetoric circumscribe acceptable gender norms, translators must navigate the risk that intersectional dimensions of gender will be muted, reframed, or erased in translation.

Translator and interpreter identity: policy, power, and subjectivity

State-sponsored translation programs and publicly funded media outlets often shape translator agency by determining text selection, terminological norms, and thematic priorities [2]. Research on such programs suggests that translators frequently occupy elite academic or institutional positions, functioning as "organic intellectuals" who mediate between scholarly authority and state or corporate agendas. Their identities, professional trajectories, and affiliations thus play a decisive role in

determining which gendered narratives and perspectives are made visible in international media.

Interpreting is increasingly conceptualized as a social practice characterized by its own professional identity, institutional norms, and media expectations. Analyses of televised interpreting, press conferences, and live media events show that interpreters signal alignment, distance, or neutrality in ways that shape the representation of gendered content, especially in politically sensitive settings. Codes of ethics, training regimes, and public perceptions of interpreters all condition their capacity to challenge or reproduce dominant gender ideologies in media translation [4].

Translanguaging theory positions translators and interpreters as mediators of multilingual meaning, rather than mere converters between discrete, bounded languages. Research on translanguaging in family, community, and educational contexts illustrates how multilingual repertoires are mobilized to negotiate gender identities and social relations, offering models for understanding similar processes in media translation [12]. For translators working in multilingual media environments, this perspective encourages flexible, audience-centered strategies that draw on the target audience's repertoires and expectations to convey gendered nuance, including non-binary and context-specific expressions of gender [17].

Translating gender in media: analytic and methodological directions

CDS-informed translation studies emphasize the need to examine ideology, power relations, and corpus-level patterns in gender representation across source and target texts. Corpus-based analyses have identified systematic tendencies in the treatment of gendered pronouns, occupational titles, metaphors, and frames, revealing how translator subjectivity either reinforces or challenges entrenched gender biases in media translations [19]. Such data-driven approaches help to map which gendered terms and narratives travel intact, which are modified, and which are omitted or replaced, and what these patterns imply for power relations between source and target cultures.

Research on audiovisual translation (AVT) underscores the importance of explicitly addressing gender bias in subtitling and dubbing practice. Studies argue for integrating gender-aware content and critical discourse analysis into translator training curricula so that practitioners can recognize gender bias in source texts, understand its potential impact, and develop strategies to counteract it in their renderings [7]. Such training is particularly crucial in media contexts where time constraints, commercial pressures, and institutional policies might otherwise push translators toward unreflective replication of biased patterns [6].

Translanguaging offers both a theoretical framework and a methodological toolkit for analyzing how translators navigate multilingual repertoires in cross-cultural media environments. Studies of translanguaging show how fluid language practices can encode and perform gender, suggesting that media translations can more accurately reflect audience realities when they allow for hybrid forms, code-switching, and context-sensitive forms of address. Employing translanguaging as an analytic practice thus reveals how translators manage multilingual audience expectations, culturally specific references, and gendered nuance within complex media ecosystems [16].

Analyses of branding, visual design, and multimedia signs foreground the multimodal character of translating gender in media. Gender is communicated not only through words, but also through images, sound, layout, and platform affordances, and translators operate within this multimodal ensemble when adapting content for new publics [22]. Audience reception studies show that viewers respond to these multimodal cues in ways that intersect with local language policies and debates, including controversies over gender-neutral terminology and inclusive language reforms. Consequently, translation practice must be understood as part of a broader semiotic and policy environment that shapes, and is shaped by, audience expectations and reactions.

Practical implications for improving the translation of gender in media

Media organizations can enhance gender equity by adopting feminist translation principles as part of their standard operating procedures. Such guidelines would explicitly aim to amplify women's voices and agency, challenge gender stereotypes, and promote inclusive language practices in all languages and formats used by the organization [8]. Concrete measures may include proactive amplification of marginalized voices, the use of alternative formulations that resist sexist framing, and culturally sensitive adaptations that make women's experiences and non-normative gender identities more visible in translation.

Embedding CDS-informed checks into editorial and translation workflows can help teams anticipate how target audiences will interpret gendered frames and identify problematic patterns before content is released [15]. Regular review of translation choices for their alignment with or resistance to gender bias, coupled with monitoring of relevant language policies and local rights discourses, enables organizations to maintain context-sensitive yet equity-oriented practices. Such integration can be operationalized through style guides, checklists, or dedicated review stages in translation pipelines [21].

Given the centrality of translator identity, policies governing text selection, terminology, and political framing in translations of gendered media content should be transparent and subject to ethical scrutiny. Recognizing translators and interpreters as active agents implies providing them with ethics training, encouraging reflective documentation of key translation decisions, and establishing accountability mechanisms that track how gender representation is negotiated in policy-sensitive environments [5]. These measures are particularly important in state-influenced or polarized contexts, where pressure to align with dominant discourses can restrict emancipatory possibilities [9].

Translanguaging-informed practices invite media translators to exploit multilingual repertoires creatively to convey gendered meanings in ways that resonate with diverse audiences. This may involve drawing on common multilingual practices, hybrid forms, or locally meaningful gender-inclusive strategies that differ from monolingual norms but better match audience expectations [11]. Combining translanguaging with multimodal design and audience research can yield translations that are both more comprehensible and more inclusive in multilingual media ecosystems.

Language policies, including gender-neutral language guidelines and related regulatory frameworks, significantly shape the range of acceptable translation choices. Policymakers and media producers must therefore seek a balance between promoting inclusivity and attending to cultural and legal norms, recognizing that policies are often contested, unevenly implemented, and subject to change [10]. Cross-jurisdictional analyses indicate that many such policies operate as modest forms of linguistic engineering rather than radical interventions, suggesting that translators should pursue contextually appropriate solutions that advance gender equity while remaining attentive to local constraints [14].

A recurring tension in translating gendered media concerns the relationship between feminist aims of empowerment and the constraining effects of state or institutional control. While feminist translation seeks to amplify marginalized voices and challenge patriarchal language, state-sponsored or heavily regulated translation programs can simultaneously enable visibility and impose limits on the range of acceptable gender representations. In settings marked by anti-gender backlash or the instrumentalization of translation for political ends, translators may face pressure to align with dominant discourses, complicating overtly emancipatory interventions.

Gender language practices vary significantly across linguistic and cultural contexts, raising challenges for any attempt to standardize inclusive approaches. Differences between grammatical and natural gender systems, divergent audience expectations, and locally specific norms surrounding gender expression mean that "one-size-fits-all" solutions are not viable [20]. Instead, research on policy discourse and cross-cultural translation highlights the need for plural, context-sensitive stances and adaptable guidelines that can accommodate diversity while still pursuing gender justice goals.

Finally, the interpretive acts of both speakers and translators are central to how gendered meanings emerge in translated media. Speakers perform gender through their linguistic choices, narrative strategies, and embodied presentation, while translators interpret and reconfigure these performances through their own stance-taking, alignment, and metadiscursive cues [13]. Debates in translation studies about agency, authority, and ethical responsibility are therefore directly relevant to media contexts, where small shifts in wording, emphasis, or attribution can significantly reshape audience perceptions of gendered intent and authority.

Integrated framework and research agenda

The article proposes an integrated framework that connects speaker identity, translator identity, translation strategies, policy contexts, and multimodal audience reception. First, speaker identity analysis examines gendered voice, stance, authority, and intersectional positioning in source media texts, focusing on how these features encode gendered ideologies and social roles. Second, translator and interpreter identity analysis considers the policy environment, training, ethics, and professional roles that condition translation decisions and shape opportunities for feminist or critical interventions. Third, attention to translation strategies and discourse outcomes links feminist translation practices, CDS-informed rendering, and translanguaging-inspired choices to the specific gendered meanings that emerge in target texts. Fourth, policy and sociopolitical context analysis foregrounds how gender-neutral language

guidelines and cross-cultural policy differences frame what is linguistically and politically possible in media translation. Finally, multimodal and audience dimensions highlight the importance of branding, visual and aural semiotics, platform-specific features, and reception studies in understanding how translated gender representations are interpreted across media environments.

Within this framework, a research program on translating gender in media might include several strands. One strand involves building corpora of translated media texts on gendered topics and systematically annotating translator choices, frames, and stance markers. A second strand applies CDS methodologies to evaluate alignment with or resistance to gender biases and power relations in both source and target contexts. A third uses translanguaging analyses to investigate how multilingual audiences interpret translations in real time, for example through social media responses and participatory platforms. A fourth examines translator identity and agency in policy-laden contexts by analyzing text selection, terminology use, and thematic emphasis in state-influenced or politically sensitive translations. A fifth compares gender-neutral language guidelines across jurisdictions and assesses how far they are reflected in media translation practice. A final strand develops practitioner-oriented guidance for gender-conscious workflows that integrate feminist and CDS insights with translanguaging-informed strategies and ethical reflection.

Translating gender in media discourse thus requires more than technical linguistic competence; it demands sustained attention to the identities and stances of speakers and translators, the discursive and multimodal resources they mobilize, and the policy and political economies that shape translation practice. By integrating feminist translation studies, CDS, translanguaging, and policy analysis, the framework outlined here provides a basis for both scholarly inquiry and practical intervention aimed at enhancing gender representation across languages and media formats. Methodological pluralism, combining corpus-based analysis, multimodal audience research, and policy-oriented evaluation, offers a robust route toward understanding, and ultimately transforming, the gendered dynamics of media translation in the service of equity and social justice.

References:

1. Abdellaoui, S. (2022). Prospective Media Translators in Audio-Visual Training: Towards a Critical Discourse Analysis of Gender-Bias in Subtitling. *Studies in Pragmatics and Discourse Analysis*, *3*(2), 32–49. https://doi.org/10.48185/spda.v3i2.674

2. Almahfali, M. S. A., & el-Husseini, R. (2023). Exploiting Sociocultural Issues inElection Campaign Discourse: The Case of Nyans in Sweden. *Societies*, *13*(12), 257. https://doi.org/10.3390/soc13120257

3. Bao, K. (2024). Comparative Analysis of Representations of Feminism Across Chinese Social Media: A Corpus-Based Study of Weibo and Zhihu. *Social Media + Society*, *10*(3). https://doi.org/10.1177/20563051241274688

4. Bayramoğlu, Y. (2022). Queer in Translation: Sexual Politics Under Neoliberal Islam. *Feminist Encounters a Journal of Critical Studies in Culture and Politics*, *6*(1), 16. https://doi.org/10.20897/femenc/11760

5. Bogetić, K. (2022). Language, gender and political symbolics: Insights from citizen digital discourses on gender-sensitive language in Serbia. *Journal of Sociolinguistics*, *27*(2), 177–197. https://doi.org/10.1111/josl.12591

6. Bou-Franch, P., & Blitvich, P. G.-C. (2019). *Analyzing Digital Discourse*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92663-6

7. Chancellor, S., Baumer, E. P. S., & Choudhury, M. D. (2019). Who is the "Human" in Human-Centered Machine Learning. *Proceedings of the Acm on Human-Computer Interaction*, *3*(CSCW), 1–32. https://doi.org/10.1145/3359249

8. Farahani, M. V. (2021). Native and non-native teacher talk in the EFL classroom: A corpus-informed study. EricNicaise, Routledge2021, 221 pages. *International Journal of Applied Linguistics*, *31*(2), 319–321. https://doi.org/10.1111/ijal.12371

9. Gao, R. (2024). Investigating the Linguistics Features, Impacts, and Corresponding Strategies of Translation in Feminist Literature. Communications in Humanities Research, 31(1), 115–121. https://doi.org/10.54254/2753-7064/31/20231993

10. Horbyk, R. (2018). Discourses on Languages and Identities in Readers' Comments in Ukrainian Online News Media: An Ethnolinguistic Identity Theory Perspective. *East/West Journal of Ukrainian Studies*, *5*(2), 9–35. https://doi.org/10.21226/ewjus417

11. Iturregui-Gallardo, G. (2023). Representation in Media Accessibility. *Journal of Audiovisual Translation*, *6*(1). https://doi.org/10.47476/jat.v6i1.2023.257

12. Lyu, Y. H., & Zheng, Y. H. (2025). Translators Under State Influence: An Analysis of the Chinese Academic Translation Project Through the Lens of Translation Policy. *Sage Open*, *15*(3). https://doi.org/10.1177/21582440251366778

13. Mizan, S., & Ferraz, D. de M. (2023). Who's Afraid of the Fluidity in Language?: Can the Trans-Subaltern Speak? *Revista Brasileira De Linguística Aplicada*, *23*(1). https://doi.org/10.1590/1984-6398202322073

14. Mona, A. (2024). Code-Switching in Multilingual Societies. *European Journal of Linguistics*, *3*(1), 38–51. https://doi.org/10.47941/ejl.1770

15. Okamoto, S. (2021). How Do Female and Male Characters Speak in the Japanese Translation of English Crime Novels? *Contrastive Pragmatics*, *3*(1), 3–30. https://doi.org/10.1163/26660393-bja10031

16. Philip, R. (2023). *Mothers vs Children: Co-opting Child Rights as Gender Backlash*. https://doi.org/10.19088/backlash.2023.003

17. Shankar, S. (2017). Linguistic Anthropology in 2016: Now What? *American Anthropologist*, *119*(2), 319–332. https://doi.org/10.1111/aman.12865

18. Varghese, D., & Ranganathan, S. (2022). From texts to contexts: the relevance of digital ethnography in a Foucauldian discourse analysis of online gender talk in Kerala. *Journal of Information Communication and Ethics in Society*, *20*(4), 516–530. https://doi.org/10.1108/jices-01-2022-0001

19. Villanueva-Jordán, I. (2023). Audiovisual Translation, Multilingual Desire, and the Construction of the Intersectional Gay Male Body. *Languages*, *8*(2), 105. https://doi.org/10.3390/languages8020105

20. Vincent, A., & Kumari, R. (2023). Misogyny in election discourse: Analysing the 2019 General Elections in India. *Discourse & Society*, *34*(5), 636–665. https://doi.org/10.1177/09579265231166239

21. Wang, G., Wu, X., & Li, Q. (2021). A bibliometric study of news discourse analysis (1988–2020). *Discourse & Communication*, *16*(1), 110–128. https://doi.org/10.177/17504813211043725

22. Wang, J., & Jin, G. (2023). Critical discourse studies eleven years on in China (from 2011 to 2021): A critical review. *Discourse Studies*, *25*(3), 361–382. https://doi.org/10.1177/14614456231158519

ГЕРМАНО-КЕЛЬТСЬКО-ІТАЛІЙСЬКІ ІЗОГЛОСИ НА ПОЗНАЧЕННЯ РОСЛИН

Хоменко Тетяна Анатоліївна,
кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри германських мов, зарубіжної літератури
та методик викладання
Центральноукраїнський державний університет
імені Володимира Винниченка

Ізоглоси поєднують ті групи мов, у яких вони зафіксовані, і протиставляють їх іншим мовам [1, с. 466]. У германських мовах існують слова, які є спільними для кельтських, італійських та германських мов на позначення, наприклад, назв рослин [2, с. 133].

Слово Nuß «горіх» означає «плід із твердою шкаралупою, ядро якого їстівне», двн. (h)nuʒ (близько 800 р.), свн. nuʒ, снн. not, да. hnutu, a. nut, снл. not, nōte, nuete, нл. noot, діcл. hnot, шв. nöt (герм. *hnut-) та лат. nux (від knuks). Ці слова походять, як і синонімічний латинський nux, від праіндоєвропейського *kneu- (від якого походить cnū «горіх», також Knocken) і, таким чином, зрештою від редукованої форми кореня праіндоєвропейського *ken- «стискати, згинати, щось стиснуте, щось зім'яте» (від якого походить Nacken).

Nußknacker «лускунчик» - назва, яка з’явилася у 17 ст., замінивши лексему Nußbrecher «горіхолом»: двн. (h)nuʒbrehha (11 століття), рвн. nußbreche.

У німецькій мові для позначення козячої верби існує слово Salweide, перший компонент якого Sal- є кельто-італо-германською ізоглосою: двн. salahwīda (рукопис, 13 століття), свн. salewīde, снн. sal(e)wīde. Першим елементом складеного слова є sal-: двн. salaha «козяча верба» (близько 800 р.), свн. salhe. Його можна простежити до ієв. *sal(i)k- «верба» через да. salh, a. sallow, діcл. selja, шв. sälg та лат. salix, сірл. sail (род. відм. sa(i)lech); k-розширення ієв. кореня *sal- «брудно-сірий» розвинулося у двн. salo «темного кольору, каламутний» (8 століття), свн. sal «темного кольору, зів’ялий», да. salo «чорнистий, темний», a. sallow «блідий, землистий», діcл. sǫlr «брудний, блідий», норв. sal «блідий» (герм. *salwa-), лат. salīva «слина», рос. соловый «жовтувато-сірий», ірл. sal, sa(i)le «бруд». Назва дерева виникла через його сіро-зелене листя.

До цього гнізда слів належить і німецьке слово Salz «сіль»: двн., свн. salz, дс. sill, снн. solt, снл. sout, дфриз. zout, да. s(e)alt, a, діcл., шв., гот. sill (герм. *salta-). Слова демонструють дентальний елемент (індоєвропейське -d) на відміну від гр. hals, лат. sāls, псл. solь, рос. соль, ірл. salann «сіль». Основний корінь є індоєвропейським, згадується у контексті слова «козяча верба»: *sal- «брудно-сірий», який також (оскільки сіль використовувалася невибіленою) використовується як іменник для позначення солі та морської солі.

Дентальний елемент може мати різне походження. Спочатку він служить для формування називного відмінка (походження латинського sāl «сіль» зазвичай

вважається від sāld або sald), але також зустрічається в дієслівних утвореннях, таких як н. salzen, лат. sallere (від saldere) «солити», лат. salsus (від saldtos) «солоний». У дієсловах (та похідних від них формах) d може бути спочатку елементом, що утворює теперішній час. Це особливо помітно в балто-слов'янських формах, таких як псл. soladъ, рос. солод, псл. sladyk, рос. сладкий, укр. солодкий, лит. saldùs «солодкий». Ці форми зазнали певного семантичного розвитку, який веде від «сіль» або «солоний» через поняття «смачний, пряний» до «солодкий» або «щось солодке».

Ulme «в'яз» - назва листяного дерева: двн. ulmboum (рукопис 12 століття), рвн. ulme (кінець 15 століття), olme (16 століття). Вона вважається запозиченою з латинського ulmus «в'яз». Ця назва споріднена з наступним корінним (з аблаутом): двн. elmo (близько 800 р.), elm (рукопис 12 століття), elmboum (10 століття), ilma (рукопис 12 століття), свн. elm(e), elmboum, ilmboum, рвн. ilm(e) (15 століття), снн. elme, да. elm, діcл. (з аблаутом) almr, шв. alm, сірл. lem. Можливим походженням є ie. *elem-, утворення з суфіксом -m- від кореня на позначення кольору, тобто. *el-, *ol- «червоний, коричневий». Тому дерево названо за кольором свіжозрубаної червонувато-коричневої деревини.

Слово Blume позначає квітучу трав'янисту рослину. Спільне германське використання форм із суфіксами, що містять -m-, засвідчується двн. bluomo, ч. р., (8 століття), bluoma, ж. р., (9 століття), свн. bluome, ч. р., ж. р., дс. blōmo, ч. р., снн. blōme, ж. р., снл. bloeme, blomme, нл. bloem, ж. р., діcл. blōmi, ч. р., blōm, с. р., шв. blomma, гот. blōma, ч. р. (герм. *blōmō-); лат. flōs, кімр. blawd. Вони належать до кореневого розширення праіндоєвропейського *bhlē-, *bhlō- [3].

Дієприкметник geblümt має значення «прикрашений квітами», походить від blümen «прикрашати квітами», свн. blüemen, двн. bluomōn (9 століття).

Дієприкметник verblümt значить «завуальований недосказаністю», походить від verblümen, синоніма blümen, свн. verblüemen, який сьогодні здебільшого використовується в негативній формі unverblümt «прямолінійний, неприкритий» (16 століття).

Список літератури

1. Левицький В. В. Основи германістики. Вінниця: Нова книга, 2008. 528 с.
2. Жлуктенко Ю. О., Яворська Т. А. Вступ до германського мовознавства. Київ; Вища школа, 1986. 232 с.
3. Левицкий В. В. Этимологический словарь германских языков в 2х т. Винница: Нова книга, 2010. Т. 2. 616 с.

КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ТРЕНУВАНЬ СТРІЛЬЦІВ СПОРТСМЕНІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БІОФІДБЕКУ ЯК ІНСТРУМЕНТУ УПРАВЛІННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИМ СТАНОМ

Калашник Наталія Яківна,
старший викладач, кафедра пожежно-рятувальної та фізичної підготовки,
навчально-науковий інститут оперативно-рятувальних сил,
Національний університет цивільного захисту України
м. Черкаси, Україна

Щіпець Станіслав Дмитрович,
канд. тех. наук, доцент, кафедра пожежно-рятувальної та фізичної підготовки,
навчально-науковий інститут оперативно-рятувальних сил,
Національний університет цивільного захисту України
м. Черкаси, Україна

Щотка Єлизавета Олександрівна
курсантка третього курсу,
навчально-науковий інститут оперативно-рятувальних сил,
Національний університет цивільного захисту України
м. Черкаси, Україна

Сучасний етап розвитку кульової стрільби характеризується зростанням конкуренції та підвищенням вимог до підготовки спортсменів. У таких умовах результативність спортсмена визначається не лише рівнем технічної та фізичної підготовленості, але й здатністю ефективно керувати власним функціональним станом. Особливого значення набуває стабільність психофізіологічних показників, яка забезпечує узгодженість сенсомоторних процесів, оптимальний рівень м’язового тонусу та точність рухових дій.

Актуальність проблеми зумовлена тим, що у сучасній кульовій стрільбі вирішальне значення має не лише технічна підготовленість спортсмена, а й здатність підтримувати стабільний психофізіологічний стан в умовах змагального стресу. Навіть незначні коливання функціонального стану можуть призводити до погіршення точності пострілу через зростання мікрорухів і порушення сенсомоторної координації. Традиційні методики підготовки не забезпечують достатнього контролю автономних процесів, що обумовлює необхідність впровадження сучасних психофізіологічних технологій, зокрема біофідбек-тренінгу.

Метою нашого дослідження є наукове обґрунтування та розробка методики тренувань стрільців на основі HRV-біофідбеку для підвищення точності та стабільності змагальної діяльності. Завдання полягають у аналізі сучасних

наукових підходів, визначенні механізмів впливу біофідбеку, розробці структури тренувального процесу та обґрунтуванні ефективності комплексного підходу із поєднанням дихальних і психорегуляційних методів.

Аналіз сучасних наукових досліджень. Сучасні наукові дослідження свідчать про ефективність біофідбек-тренінгу як засобу оптимізації психофізіологічного стану спортсменів у видах спорту з високими вимогами до точності рухів, зокрема у кульовій стрільбі. Встановлено, що здатність до саморегуляції функціонального стану є одним із ключових чинників стабільності результату в умовах змагального стресу [1, с. 112; 11, с. 87].

Ключовим напрямом є використання HRV-біофідбеку. Особливу увагу дослідники приділяють варіабельності серцевого ритму (HRV), як інтегральному показнику стану автономної нервової системи. За даними Paul Lehrer та Richard Gevirtz, тренування з використанням HRV-біофідбеку сприяє підвищенню вагусної активності, покращенню барорефлекторної чутливості та оптимізації регуляції серцево-судинної системи [9, с. 25–27]. Це забезпечує більш ефективну адаптацію до стресових факторів змагань.

У роботах Evgeny Vaschillo доведено, що використання резонансного дихання (приблизно 0,1 Гц) у поєднанні з біофідбеком сприяє синхронізації серцево-дихальних ритмів, що позитивно впливає на психоемоційний стан та точність моторних дій [14, с. 68–70]. Для стрільців це має особливе значення, оскільки контроль дихання безпосередньо впливає на стабільність прицілювання

Систематичні огляди останніх років засвідчують стабільний позитивний ефект біофідбеку у спорті. Експериментальні дослідження у спортивній практиці підтверджують ефективність біофідбек-тренінгу. Зокрема, встановлено, що його застосування сприяє статистично значущому підвищенню HRV, зниженню рівня тривожності та покращенню результатів виконання точнісних дій ($p < 0,05$) [10, с. 143]. Аналогічні результати отримані в роботах, присвячених підготовці спортсменів високої кваліфікації, де відзначено підвищення стабільності рухових навичок і зниження варіативності моторних показників [4, с. 59].

Узагальнення результатів метааналізів і систематичних оглядів свідчить, що HRV-біофідбек є ефективним інструментом підвищення спортивної результативності, особливо у видах діяльності, що потребують високої концентрації уваги та тонкої моторної координації [8, с. 214]. Водночас підкреслюється, що найбільший ефект досягається за умов систематичного застосування методу у поєднанні з психологічною підготовкою.

В українських дослідженнях також наголошується на важливості інтеграції психофізіологічних методів у систему підготовки спортсменів. Зокрема, відзначається, що використання біофідбеку сприяє формуванню навичок саморегуляції, зниженню передстартового хвилювання та підвищенню надійності змагальної діяльності [3, с. 102].

Аналіз наукових джерел свідчить, що біофідбек-тренінг є ефективним і науково обґрунтованим методом підготовки стрільців. Його використання забезпечує покращення автономної регуляції, зниження психоемоційного

напруження та підвищення стабільності виконання пострілу, що безпосередньо впливає на спортивний результат.

Теоретичне обґрунтування нашої методики базується на положеннях теорії функціональних систем, концепції варіабельності серцевого ритму як інтегрального показника адаптації та принципах спортивного тренування, зокрема систематичності, індивідуалізації та специфічності. HRV розглядається як ключовий маркер готовності спортсмена, який відображає ефективність регуляції емоцій, рівень концентрації уваги та стабільність рухових дій.

Запропонована нами методика передбачає поетапну інтеграцію біофідбеку у тренувальний процес. На базовому етапі основна увага приділяється формуванню навичок саморегуляції через діафрагмальне та резонансне дихання, а також використання HRV-біофідбеку для контролю функціонального стану. Інтеграційний етап спрямований на перенесення сформованих навичок у підготовку стрільців спортсменів шляхом поєднання дихання з процесом прицілювання, використання імітаційних вправ та ідеомоторного тренування, а також формування індивідуального передстартового стану. На змагальному етапі акцент робиться на застосуванні навичок саморегуляції без використання апаратури, моделюванні стресових умов та стабілізації психоемоційного стану безпосередньо перед виконанням пострілу.

Структура тренувального заняття включає розминку, дихальні вправи з використанням біофідбеку, імітаційні вправи, виконання стрільби з інтеграцією навичок саморегуляції та завершальний етап відновлення. Така побудова забезпечує поступове включення психофізіологічних механізмів у процес технічної підготовки.

Механізм ефективності методики полягає у зниженні активності симпатичної нервової системи, підвищенні вагусного контролю, синхронізації дихання і серцевого ритму та покращенні сенсомоторної координації. Це сприяє стабілізації функціонального стану та підвищенню точності виконання рухових дій.

Очікуваними результатами впровадження методики є підвищення варіабельності серцевого ритму, зниження рівня тривожності, покращення концентрації уваги, зменшення моторної варіативності та підвищення стабільності результатів стрільби. Практичне значення полягає у можливості використання методики у підготовці спортсменів різної кваліфікації.

Висновки. Встановлено, що результативність у кульовій стрільбі визначається не лише технічною і фізичною підготовленістю, а й здатністю до саморегуляції психофізіологічного стану, що забезпечує стабільність сенсомоторних процесів і точність пострілу. Показано, що варіабельність серцевого ритму (HRV) є інформативним індикатором функціонального стану та готовності до змагальної діяльності. Підтверджено ефективність HRV-біофідбеку у підвищенні вагусної активності, зниженні тривожності та покращенні координації рухів. Обґрунтовано доцільність використання резонансного дихання для синхронізації серцево-дихальних ритмів і стабілізації стану спортсмена. Розроблено поетапну методику підготовки з інтеграцією

навичок саморегуляції у підготовку спортсменів стрільців. Встановлено, що систематичне застосування біофідбеку підвищує стабільність функціонального стану та надійність результатів. Практична цінність полягає у можливості використання методики у підготовці спортсменів різної кваліфікації та професійно-прикладній діяльності, а перспективи подальших досліджень пов'язані з її експериментальною перевіркою та оптимізацією.

Список літератури

1. Баєвський Р. М. Аналіз варіабельності серцевого ритму. – М.: Наука, 2001. – 237 с.

2. Ільїн Є. П. Психофізіологія станів людини. – К., 2020 – 416 с.

3. Коробейніков Г. В. Психофізіологія діяльності спортсменів. – 2017.

4. Blum J., Rockstroh B., Göritz A. S. Heart rate variability biofeedback based on slow-paced breathing with immersive virtual reality nature scenery // Frontiers in Psychology. – 2019. – DOI: 10.3389/fpsyg.2019.02175.

5. Jiménez Morgan S., Molina Mora J. Effect of heart rate variability biofeedback on sport performance: systematic review // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2020. – DOI: 10.3390/ijerph17134574.

6. Laborde S., Mosley E., Thayer J. F. Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research // Psychophysiology. – 2017. – DOI: 10.1111/psyp.12682.

7. Lehrer P. M. Heart rate variability biofeedback update // Biofeedback. – 2020. – DOI: 10.5298/1081-5937-48.2.05.

8. Lehrer P. M., Eddie D. A. Dynamic processes in regulation and implications for biofeedback interventions // Applied Psychophysiology and Biofeedback. – 2013.

9. Lehrer P., Gevirtz R. Heart rate variability biofeedback: how and why does it work? // Frontiers in Psychology. – 2014. – DOI: 10.3389/fpsyg.2014.00756.

10. Paul M., Garg K. Effect of heart rate variability biofeedback on performance psychology of basketball players // Applied Psychophysiology and Biofeedback. – 2012. – DOI: 10.1007/s10484-012-9185-2.

11. Platonov V. N. The general theory of training athletes in Olympic sports. – Kyiv, 2013. – 680 p.

12. Pusenjak N. et al. Precision performance and HRV biofeedback // Sensors. – 2022. – DOI: 10.3390/s22010123.

13. Shaffer F., Meehan Z. A practical guide to resonance frequency assessment for HRV biofeedback // Frontiers in Neuroscience. – 2020. – DOI: 10.3389/fnins.2020.570400.

14. Vaschillo E., Vaschillo B., Lehrer P. Resonance in the cardiovascular system // Applied Psychophysiology and Biofeedback. – 2006. – DOI: 10.1007/s10484-006-9009-3.

15. Yu B. et al. Effects of biofeedback training on anxiety and performance in athletes // Frontiers in Psychology. – 2021. – DOI: 10.3389/fpsyg.2021.689135.

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ УЯВЛЕНЬ ПРО УСПІХ: СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНИЙ ВИМІР

Петенок Євген Петрович,
аспірант,
Приватний вищий навчальний заклад «Європейський університет»

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується глибокими процесами цифрової трансформації, які охоплюють усі сфери людського життя та змінюють не лише форми взаємодії, але й способи осмислення реальності. Цифрові технології поступово стають не просто інструментами, а середовищем існування людини, у якому відбувається формування її ідентичності, цінностей, життєвих орієнтирів. У цьому контексті постає низка глобальних питань, пов'язаних із межами впливу технологій на особистість та збереженням її автономії у цифровому світі.

Одним із ключових аспектів цих змін є трансформація уявлень про успіх. Якщо в традиційному суспільстві успіх здебільшого пов'язувався з досягненнями, професійною реалізацією та внутрішнім відчуттям самореалізації, то в умовах цифрової реальності він дедалі частіше визначається через показники видимості, публічного визнання та соціальної взаємодії в мережі. Соціальні платформи створюють нові критерії оцінювання успішності, що базуються на кількісних індикаторах уваги, таких як лайки, підписники та перегляди, формуючи тим самим специфічну систему соціального схвалення.

Попри значну кількість досліджень, присвячених впливу цифрових технологій на особистість, недостатньо розкритим залишається питання трансформації уявлень про успіх у контексті змін ціннісної сфери. Зокрема, потребує уточнення, яким чином соціально-психологічні механізми, опосередковані цифровим середовищем, впливають на формування образу успішної особистості та його критеріїв. Особливої уваги набуває проблема того, як у процесі цифрової трансформації змінюється співвідношення між внутрішніми та зовнішніми орієнтирами успіху, а також якою мірою ці зміни зумовлені соціальною взаємодією у віртуальному просторі.

У сучасних умовах цифрової трансформації уявлення про успіх дедалі більше набувають характеру соціально сконструйованого феномена, що формується в процесі взаємодії особистості з медіасередовищем. На відміну від традиційного розуміння успіху як результату індивідуальних досягнень, у цифровому просторі він постає як продукт соціального узгодження, що визначається через домінуючі у спільнотах уявлення, моделі поведінки та символічні маркери визнання.

Одним із базових механізмів формування таких уявлень є соціальне порівняння, описане у класичній теорії Л. Фестінгера [1]. В умовах соціальних мереж цей процес набуває інтенсивного та безперервного характеру, оскільки користувачі постійно взаємодіють із контентом, який репрезентує ідеалізовані

образи життя та досягнень. Це сприяє формуванню уніфікованих стандартів успіху, які сприймаються як соціально бажані орієнтири [2].

Важливу роль у цьому процесі відіграє також ідентифікація з медійними фігурами, зокрема інфлюенсерами, які виступають носіями символічного капіталу успіху. Завдяки механізмам наслідування та соціального навчання користувачі переймають не лише зовнішні атрибути успішності, але й відповідні моделі поведінки та ціннісні орієнтації. Як зазначають С. Хаміс, Л. Анг та Р. Веллінг, розвиток феномену self-branding і «мікроселебріті» у соціальних мережах сприяє тому, що успіх дедалі частіше визначається через здатність ефективно презентувати себе в цифровому просторі [3].

Таким чином, у цифровому середовищі успіх постає не як об'єктивна характеристика діяльності особистості, а як результат складної взаємодії соціальних очікувань, медійних моделей та індивідуальних стратегій самопрезентації. Це зумовлює необхідність розгляду успіху як динамічного соціально-психологічного конструкта, що формується в умовах цифрової культури та відображає її ціннісні орієнтири.

Важливим чинником трансформації уявлень про успіх у цифровому середовищі є розвиток практик самопрезентації, які набувають стратегічного та цілеспрямованого характеру. Соціальні мережі створюють умови, за яких особистість виступає не лише як суб'єкт діяльності, але і як об'єкт репрезентації, що потребує постійного конструювання та підтримки певного образу. Успішність у такому середовищі дедалі більше пов'язується зі здатністю ефективно управляти враженням, створювати привабливий та узгоджений образ себе, а також відповідати очікуванням аудиторії. Як зазначають Б. Даффі та Е. Хунд, соціальні мережі стимулюють розвиток підприємницької моделі самопрезентації, у межах якої особистість демонструє не лише результати діяльності, але й стиль життя, емоції та повсякденні практики як складові образу успіху [4].

У цьому процесі важливу роль відіграє селекція та ідеалізація контенту, що призводить до формування частково викривлених, але соціально схвалюваних уявлень про реальність. Успіх постає як результат не лише досягнень, а й здатності їх візуально привабливо та емоційно насичено представити. Таким чином, відбувається зміщення акценту з внутрішнього змісту діяльності на її зовнішню репрезентацію, що підсилює значущість публічності як ключового критерію успішності.

Варто відзначити, що цей процес пов'язаний із підсиленням залежності самооцінки від зовнішніх оцінювальних реакцій. Дослідження свідчать, що активне використання соціальних мереж і залученість у процеси соціального порівняння можуть негативно впливати на самосприйняття та рівень задоволеності собою, особливо у випадках невідповідності між реальним і ідеалізованим образом [2]. У результаті формується ситуація, в якій особистість змушена орієнтуватися не на внутрішні критерії значущості, а на зовнішні стандарти, що задаються цифровим середовищем.

Водночас така трансформація актуалізує проблему автентичності. Умови постійної публічності та необхідності відповідати очікуванням аудиторії можуть призводити до розриву між реальним Я та його цифровою репрезентацією. У цьому контексті постає питання про збереження смисложиттєвих орієнтацій особистості та здатності до самовизначення в умовах домінування зовнішніх критеріїв оцінювання. Таким чином, цифрова трансформація впливає не лише на поведінкові стратегії, але й на глибинні ціннісні основи особистості.

Отже, цифрова трансформація суспільства зумовлює суттєві зміни у формуванні уявлень про успіх, який у сучасних умовах набуває ознак соціально сконструйованого феномена, що формується під впливом цифрового середовища. Соціальні мережі, виступаючи простором інтенсивної взаємодії, через механізми соціального порівняння, ідентифікації та наслідування задають стандартизовані моделі успішності, водночас розвиток практик цифрової самопрезентації та self-branding сприяє зміщенню акценту з реальних досягнень на їх публічну репрезентацію. У цих умовах відбувається трансформація ціннісної сфери особистості. Відтак, дослідження цифрової трансформації уявлень про успіх відкриває перспективи для глибшого осмислення впливу технологій на цінності, ідентичність і здатність особистості до самовизначення в умовах сучасної цифрової реальності.

Список літератури:

1. Festinger L. A theory of social comparison processes. *Human Relations*. 1954. Vol. 7, № 2. P. 117–140.

2. Vogel E. A., Rose J. P., Roberts L. R., Eckles K. Social comparison, social media, and self-esteem. *Psychology of Popular Media Culture*. 2014. Vol. 3, № 4. P. 206–222.

3. Khamis S., Ang L., Welling R. Self-branding, ‘micro-celebrity’ and the rise of social media influencers. *Celebrity Studies*. 2017. Vol. 8, № 2. P. 191–208.

4. Duffy B. E., Hund E. “Having it all” on social media: Entrepreneurial femininity and self-branding among fashion bloggers. *Social Media + Society*. 2015. Vol. 1, № 2. P. 1–11.

МЕДИЦИНА В США

Панов Ален Володимирович
Професор, доктор філософії,
Завідувач кафедри міжнародної політики,
Ужгородський Національний університет

Панова Альона Олегівна
Викладач кафедри міжнародної політики
Доктор філософії
Ужгородський Національний університет

Довганич Олександра Михайлівна
Студентка
Факультету міжнародних економічних відносин
Ужгородський Національний університет

Медицина Сполучених Штатів Америки є однією з найскладніших, найрозгалуженіших та найвисокотехнологічніших систем у світі, що поєднує глибоку історичну традицію, динамічні наукові інновації та багаторівневі соціально-економічні механізми. Сьогодні саме США виступають своєрідним каталізатором трансформаційних процесів у глобальній охороні здоров'я, задаючи темп розвитку біомедичних технологій, фармацевтичних досліджень, цифрових рішень та медичних стандартів, які згодом наслідують інші держави.

Медицина в США є результатом складного історичного становлення, у якому поєдналися професіоналізація, стандартизація, наукова революція та соціальні реформи. У XXI столітті вона не лише віддзеркалює внутрішню динаміку розвитку американського суспільства, але й формує нові етичні, політичні та технологічні орієнтири для всього світу.

Метою цього есе є системний аналіз історичного становлення, структурної еволюції та сучасних тенденцій розвитку медицини в США у контексті глобальної взаємодії. Дослідження прагне висвітлити, як поєднання наукового потенціалу, регуляторних реформ і міжсекторальної взаємодії визначає медичний прогрес країни, а також як американська медицина впливає на міжнародні процеси охорони здоров'я, біоетики та технологічної дипломатії.

Історія американської медицини є багаторівневою й охоплює період від колоніальних практик до високотехнологічних біомедичних досліджень. Перші медичні структури формувалися ще у XVIII столітті, коли Конгрес США у 1798 році створив Marine Hospital Service (MHS) для надання допомоги морякам - цей крок вважається початком державної участі у сфері охорони здоров'я.

У 1887 році в межах MHS була заснована Hygienic Laboratory - попередниця сучасних Національних інститутів здоров'я (NIH), що стали фундаментом наукових досліджень у медицині [1]. Подальша інституціоналізація медицини

відбулася у XIX столітті із заснуванням American Medical Association (AMA) у 1847 році. Ця організація розробила медичні стандарти, етичні кодекси та уніфіковані методики підготовки лікарів. Визначним моментом став Flexner Report 1910 року, який реформував систему медичної освіти, зробивши її науково обґрунтованою і стандартизованою.[2]. У XX столітті американська медицина отримала потужний імпульс державної підтримки. Створення програм Medicare і Medicaid у 1960-х роках, розвиток регуляторних агентств (FDA, CDC), а також формування системи федеральних наукових грантів через NIH призвели до інтеграції медицини в національну політику.

Водночас Національна бібліотека медицини (NLM) та її підрозділ History of Medicine Division зберігають тисячі документів, що відображають медичну спадщину США, від перших госпіталів до епохи цифрової охорони здоров'я [3].

Таким чином, розвиток американської медицини пройшов етапи ремісничої практики, академічної стандартизації, урядового регулювання та глобальної експансії. Ця еволюція заклала основи того, що сьогодні визначає медичну потугу США- поєднання науки, технології й управлінської системності.

Як уже зазначено, Medicare і Medicaid були встановлені через поправки до Закону про соціальне страхування 1965 року, з метою забезпечити медичне покриття літнім людям та малозабезпеченим категоріям населення. [4]

Medicare створювався як національна програма страхування, фінансована через податки на заробітну плату (payroll taxes), внески роботодавців, преміальні платежі від бенефіціарів та загальні федеральні доходи. Medicaid, навпаки, передбачав суфінансування між федеральним урядом і штатами, де федеральна частка («matching funds») змінюється залежно від платоспроможності штату. [5]

Система охорони здоров'я США не забезпечує універсального покриття та може бути визначена як змішана система, де державне фінансування державних програм Medicare та Medicaid співіснує з приватним фінансуванням ринку. Витрати з власної кишені та ринкове забезпечення покриття переважають як засіб фінансування та забезпечення медичної допомоги. Станом на 2019 рік близько 50% громадян отримували приватне страхування через свого роботодавця (групове страхування), 6% отримували приватне страхування через ринки медичного страхування (негрупове страхування), 20 % громадян покладалися на Medicaid, 14% - на Medicare та 1% - на інші державні форми страхування (наприклад, Адміністрація охорони здоров'я ветеранів) залишаючи 9% американців незастрахованими. [6]

У період 2022–2025 рр. американська медицина показує інтенсивну інноваційну активність.

Одним із провідних трендів є клітинні та генні терапії. У 2023–2024 роках FDA схвалила перші cell-based генні терапії для лікування серповидно-клітинної хвороби, що знаменує нову фазу в терапевтичному підході. [7]

Розвиток mRNA-технологій не обмежується тільки вакцинами: сучасні дослідження розглядають її як універсальний платформний інструмент для експресії білків, корекції дефектів і терапевтичних втручань - однак виклики з імуногенністю, доставкою і стійкістю експресії залишаються актуальними.

У цифровій сфері AI/ML-алгоритми, особливо Software as a Medical Device (SaMD), набирають вагу. Регуляторні підходи FDA щодо lifecycle-моделей, моніторингу дрейфу моделей, прозорості й етичних аспектів стають критично важливими для комерціалізації та клінічного застосування. [7]

Телемедицина, яка проникла у медичний ландшафт під час пандемії COVID-19, стабілізувала свою роль. Вона охоплює значну частину первинних консультацій, а інструменти дистанційного моніторингу хронічних станів стають дедалі більш інтегрованими в системи догляду.

Усі ці технології не діють ізольовано - вони переплітаються зі структурами Medicare і Medicaid у сенсі покриття, регуляторного визнання, моделей відшкодування та економічної доцільності.

Американська медицина - не просто внутрішня справа США, а суб'єкт глобального впливу. Через свої провідні наукові інститути, фармацевтичні корпорації, міжнародні клінічні випробування, технологічні платформи та регуляторні моделі, США формують модель «медичної дипломатії».

Коли країни впроваджують mRNA-продукти, клітинні терапії або AI-системи, вони часто орієнтуються на стандарти FDA, публікації американських університетів і контролюючі прецеденти. Співпраця через NIH, глобальні фонди та програми обміну даними формує інтернаціональну нейтральну тканину, що пов'язує систему охорони здоров'я США з іншими регіонами.

Але на тлі технологічних проривів-розробки штучного інтелекту у діагностиці, генної терапії та телемедичних платформ-зберігаються глибокі соціальні розриви. Офіційні дані свідчать, що у 2022 році рівень материнської смертності в США становив 22,3 випадки на 100 000 живонароджених, що значно перевищує середні показники країн з подібним рівнем економічного розвитку. [8] Ще більш тривожним є расовий розрив: чорношкірі жінки мають рівень материнської смертності у 49,5 випадків на 100 000 живонароджених, тобто більш ніж удвічі вищий, ніж серед білих матерів. За даними JAMA Network (2024), чорношкірі та корінні американські жінки стикаються з системними перешкодами на всіх етапах репродуктивної допомоги - від раннього доступу до лікаря до післяпологового нагляду. [9]

Ця статистика приховує багатошарову структуру причин - від соціально-економічних чинників, регіональних, історичних упереджень і расової недовіри до медичних установ

Нерівність у системі охорони здоров'я не є лише питанням фінансів чи політики - вона втілена у людських історіях. Кожна цифра в статистичних таблицях - це жінка, яка не дочекалася своєї дитини або не пережила пологи через недовіру, недогляд чи несвоєчасну реакцію системи. Умовно це може бути молода мати з Теннессі, яка, маючи обмежене страхування Medicaid, змушена долати десятки миль до найближчої лікарні або жінка з Флориди, яка через упереджене ставлення лікарів втратила час на отримання екстреної допомоги.

З наукової точки зору, феномен такої нерівності інтерпретується як прояв соціальних детермінант здоров'я - комплексних чинників, що включають освіту, доходи, житлові умови, гендерні ролі, расову дискримінацію і навіть екологічні

умови. Новітні міждисциплінарні дослідження 2022–2025 рр. підтверджують, що без врахування цих детермінант навіть найсучасніша медицина не здатна забезпечити рівність результатів лікування.

Крім того, у контексті глобальних проблем - пандемій, кліматичних впливів, біотехнологічної безпеки - США вважаються ключовим гравцем: їхні рішення з вакцинації, регуляторні стандарти, фінансування біо-досліджень і глобальні програми допомоги мають вагу в дипломатичних переговорах, у формуванні глобальних протоколів і стратегій з охорони здоров'я.

Сучасна медицина США не є просто набором клінічних практик, а суспільно-науковою екосистемою, що інтегрує інноваційні технології, глибокі дослідницькі розробки, політичну відповідальність та гуманістичну місію. Від Marine Hospital Service до глобальних біомедичних інститутів, які творяться зараз, в історії різних країн зустрічаються етноцентризм та глобалізація медичної культури. США заслуговують визнання і, можливо, критику за створення так званого нового типу медичної культури, що базується на науці, міждисциплінарності. Медична система США - це типовий організм, де роль виконують державні структури, які її відокремлюють, приватний бізнес, лабораторії, медико-фармацевтичні концерни та університетські клініки. Вона є багаторівневою і дозволяє бути силою для політики, економіки та науки. Medicare, Medicaid введені до використання та постійно покращуються, нові моделі фінансування і стандарти медичної практики. Крім того, це оновлений сектор суспільства й уряду, де з'явилися прогалини, які не були реформовані. Але США з 2022 по 2025 рік зазнають надзвичайного рівня інновацій. Схвалення клітинної та генної терапії FDA, використання RNA-технологій поза вакцинацією, запуск штучного інтелекту в діагностиці й лікуванні - нова форма медицини, в яку входять біологія, інформатика, генетика та біоетика. Тут є Лабораторний центр світу, який зростає та стандартизує в області медичної технології.

Таким чином, США - лікувальна справа є ареною глобальної дипломатії. За допомогою Національних інститутів здоров'я вони диктують біоетичний стандарт, протоколи клінічних випробувань та принципи міграції ліків. На цій підставі американська медицина стає засобом "м'якої сили" не політичного тиску, а наукового лідерства, заснованого на знанні, відкритості даних та регуляторній прозорості. Приклади сучасного поліпшення медицини США: технологічний прогрес і соціальна боротьба, наукова праця, лабораторії, лікарні, новітні ліки, дослідження, спроба забезпечити якісне фінансування, але і надати високу заробітню платну медичним парцівникам. Вона не ідеальна, вона приклад постійних поліпшень, що реагує на нові виклики, відомості своїх принципів та встановлює глобальний стандарт.

Список літератури:

1. National Institutes of Health. About NIH: History.
URL: https://www.nih.gov/about-nih/organization/history (дата звернення: 18.10.2025).

2. American Medical Association. History of the AMA.
URL: https://www.ama-assn.org/about/ama-history/ama-history (дата звернення: 18.10.2025).
3. National Library of Medicine. About the History of Medicine Division.
URL: https://www.nlm.nih.gov/hmd/about/index.html (дата звернення: 18.10.2025).
4. U.S. National Archives. Medicare and Medicaid Act (1965).
URL: https://www.archives.gov/milestone-documents/medicare-and-medicaid-act (дата звернення: 18.10.2025).
5. Centers for Medicare & Medicaid Services. History of CMS.
URL: https://www.cms.gov/about-cms/who-we-are/history (дата звернення: 18.10.2025).
6. ISPOR. U.S. Healthcare System Overview.
URL: https://www.ispor.org/heor-resources/more-heor-resources/us-healthcare-system-overview/us-healthcare-system-overview-background-page-1 (дата звернення: 18.10.2025).
7. U.S. Food and Drug Administration. FDA Approves First Cell-Based Gene Therapies to Treat Sickle Cell Disease.
URL: https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-approves-first-cell-based-gene-therapies-treat-sickle-cell-disease (дата звернення: 18.10.2025).
8. STAT News. U.S. Maternal Mortality Rate Decreased Slightly in 2022, but Racial Disparities Persist.
URL: https://www.statnews.com/2024/05/02/maternal-mortality-rate-united-states-decrease-2022 (дата звернення: 18.10.2025).
9.JAMA Network. Racial and Ethnic Disparities in Maternal Mortality in the United States, 2024.
URL: https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/2806661 (дата звернення: 18.10.2025).

ТРАНСФОРМАЦІЯ КАР'ЄРНИХ ЦІННОСТЕЙ ПОКОЛІННЯ Z В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

Скорофатова Анна,
кандидатка філологічних наук, доцентка,
доцентка кафедри міжнародної журналістики
Факультету журналістики
Київського столичного університету імені Бориса Грінченка

Єсик Анастасія,
студентка Факультету журналістики
Київського столичного університету імені Бориса Грінченка

Актуальність теми. На поточний момент становище ринку праці суттєво різниться від того, яке було кілька років тому, чому сприяла швидка цифровізація, зміна пріоритетів та стилю життя потенційної робочої сили, більшість з якої є представниками покоління Z. Власне вже у 2022 році покоління Z стало основним трудовим ресурсом, так як вони вже почали входити в працездатний вік; через це більшості підприємств не вистачає компетенції для адаптації під особливості, що притаманні цьому поколінню.

Отже, актуальність досліджуваної теми полягає в наявності глибоких трансформацій, що охоплюють глобальний ринок праці під впливом політичної, економічної, соціальної нестабільності. Покоління Z вже сьогодні становить значну частку робочої сили, а до 2030 року, за прогнозами, займатиме близько третини усіх робочих місць у світі, що робить вивчення його кар'єрних цінностей і поведінкових моделей стратегічно важливим для роботодавців, дослідників і держави [1, с. 2].

Основний зміст. Наразі ми бачимо стійку тенденцію до переосмислення традиційних форм та моделей кар'єрного зростання, що підтверджують дані Deloitte Global Gen Z & Millennial Survey 2025 – лише 6% представників покоління Z називають досягнення керівної посади своєю головною кар'єрною метою, натомість 89% вважають відчуття сенсу та мети критично важливим для задоволення від роботи [2; 3], що демонструє нам формування принципово нової системи кар'єрних координат, у якій пріоритетними стають психологічний добробут, розвиток компетенцій і ціннісна відповідність роботодавця, а не ієрархічне просування кар'єрними щаблями. З іншої сторони, дослідження фіксує зростання фінансової тривожності: 48% зумерів у 2025 році почуваються фінансово незахищеними порівняно з лише 30% у 2024 році, що породжує суперечність між прагненням до *meaningful work* та необхідністю забезпечити базову економічну стабільність [2; 4]. Тобто, в цьому випадку відбувається

стрімкий тренд переосмислення роботи та кар'єри, та стійкий перехід до фрілансу.

Крім цього, зумери по-іншому підходять до вибору професії, адже якщо покоління Y (міленіали) намагаються триматись за основу професію та бояться змінювати та розширювати компетенції, зумери схильні до мультфункціональності – за даними Upwork, 58% представників покоління Z у США мають додаткову зайнятість або фрілансові проєкти – вдвічі більше, ніж міленіали у тому ж віці. В українському контексті це явище додатково підсилюється розвитком цифрових платформ зайнятості [5]. Платформна зайнятість стає для зумерів не лише способом диверсифікації доходів, а й інструментом реалізації автономії та незалежності від традиційних корпоративних структур. Водночас, як зазначають Бурачек І., Ярмолюк Д. та Верстова В., вітчизняні зумери демонструють значно нижчий рівень лояльності до роботодавців порівняно зі старшими поколіннями, що в поєднанні з міграційними процесами створює серйозні виклики для українського ринку праці [6, с. 2–3]. Разом з тим, за спостереженнями Михайляк Г., незважаючи на тиск воєнного стану, ринок праці виявляє здатність до адаптації та стабілізації, а молодь дедалі активніше орієнтується на набуття компетенцій, що забезпечують мобільність і конкурентоспроможність незалежно від географічних обмежень [7].

На цьому тлі виникає питання управління персоналом в умовах міжпоколінного різноманіття: роботодавці, які ігнорують запити покоління Z, стикаються з високою плинністю кадрів – за даними EY Work Reimagined Survey 2024, 38% зумерів планують змінити місце роботи впродовж наступного року. Як вже було вказано, зумери є поколінням, що не тримається одного місця роботи [8; 9].

Отже, виокремлюються такі тренди покоління Z:

– відмова від ієрархічної моделі кар'єри на користь горизонтального розвитку, набуття різноманітних компетенцій пошуку сенсу в роботі;

– поширення мультизайнятості та фрілансу як відповідь на економічну нестабільність і прагнення до професійної автономії;

– орієнтація на гнучкі формати праці – дистанційний та гібридний, – що забезпечують баланс між роботою та особистим життям;

– низька лояльність до роботодавця та висока готовність змінювати місце роботи в пошуках кращих умов і ціннісної відповідності;

– пріоритет психологічного добробуту над фінансовими стимулами, попри зростання фінансової тривожності.

Отже, покоління Z як потенційний трудовий ресурс вимагає все більших трансформацій та впровадження нових підходів, серед яких:

– перегляд системи мотивації персоналу з акцентом на нематеріальні стимули – визнання, розвиток, корпоративні цінності та психологічний комфорт;

– впровадження гнучких форматів зайнятості – дистанційного, гібридного та проєктного, – що відповідають очікуванням молодих фахівців щодо автономії та балансу між роботою й особистим життям;

– побудова прозорої та швидкої системи кар'єрного розвитку, оскільки зумери не готові роками очікувати на підвищення та потребують чітких і досяжних орієнтирів зростання;

– створення технологічно оснащеного робочого середовища, адже покоління Z сприймає цифрові інструменти як невід'ємну частину робочого процесу, а їхня відсутність є вагомим чинником незадоволеності;

– формування культури наставництва та зворотного зв'язку, що передбачає регулярну комунікацію між керівником і молодим фахівцем, підтримку та супровід у професійному розвитку;

– адаптація рекрутингових стратегій з урахуванням цифрових каналів залучення молоді – соціальних мереж, платформ та онлайн-спільнот, де покоління Z проводить значну частину свого часу.

Висновки. Отже, покоління Z не просто адаптується до наявного ринку праці, а активно його трансформує, висуваючи принципово нові вимоги до роботодавців, форматів зайнятості та організації праці загалом. В українському контексті ці процеси набувають додаткової складності через вплив воєнного стану, який, з одного боку, прискорює цифровізацію та мобільність молодих фахівців, а з іншого – посилює їхню фінансову вразливість і міграційні настрої. Традиційна модель «офіс – стабільність – кар'єрне зростання» поступається місцем новій парадигмі, в якій центральне місце займають гнучкість, сенс, автономія та психологічний комфорт. Для українських роботодавців і дослідників це означає необхідність переосмислення підходів до управління персоналом, розробки нових інструментів мотивації та утримання молодих фахівців, а також формування таких умов праці, які відповідатимуть ціннісним орієнтирам нового покоління.

Список використаних джерел:

1. Кривцова М., Сорока О. Покоління Z як потенційний сегмент ринку праці. *Економіка та суспільство*. 2021. № 27.

2. 2025 Gen Z and Millennial Survey. *Deloitte Global.* URL: https://www.deloitte.com/global/en/issues/work/genz-millennial-survey.html.

3. World of Work for Generation Z in 2025. *ManpowerGroup.* URL: https://www.manpowergroup.com/en/insights/report/world-of-work-for-generation-z-in-2025.

4. The Future of Jobs Report 2025. *World Economic Forum.* URL: https://www.weforum.org/stories/2025/11/gen-z-labour-market-ai-economy/.

5. Перегудова Т. Зайнятість у сфері цифрових платформ у контексті гідної праці. *Економіка України*. 2025. № 2 (759). URL: https://www.researchgate.net/publication/389192534.

6. Бурачек І., Ярмолюк Д., Верстова В. Покоління Z на вітчизняному ринку праці. *Економіка та суспільство*. 2021. № 26.

7. Михайляк Г. Макроекономічний аналіз ринку праці в умовах війни. *Економіка та суспільство*. 2024. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4700.

8. Хромушина Л. Виклики і перспективи управління персоналом у контексті теорії поколінь та в умовах невизначеності. *Економіка та суспільство*. 2023. № 51. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/2492.

9. Щорічна доповідь про становище молоді в Україні. Міністерство молоді та спорту України. URL: https://mms.gov.ua/storage/app/sites/16/Mizhnarodna_dijalnist/shorichni_dopovidi/shorichna-dopovid-pro-stanovishe-molodi.pdf.

ВІДНОВЛЕННЯ ФУНКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ КІНЦІВКИ ПІСЛЯ ПЕРЕЛОМУ ПЛЕЧОВОЇ КІСТКИ ЗАСОБАМИ ФІЗИЧНОЇ ТЕРАПІЇ

Микитин Любов Михайлівна
к.н.ф.в, доцент кафедри фізичної терапії, ерготерапії
Карпатського національного університету імені Василя Стефаника

Дідоха Іванна Володимирівна
доктор філософії зі спеціальності 227 Фізична терапія, ерготерапія ,
доцент кафедри фізичної терапії, ерготерапії
Карпатського національного університету імені Василя Стефаника

Скалій Олександр Васильович
II курс ОР бакалавр кафедри фізичної терапії, ерготерапії
Карпатського національного університету імені Василя Стефаника

Николин Микола Ігорович
II курс ОР бакалавр кафедри фізичної терапії, ерготерапії
Карпатського національного університету імені Василя Стефаника

Турбал Лаліта Олегівна
II курс ОР бакалавр кафедри фізичної терапії, ерготерапії
Карпатського національного університету імені Василя Стефаника

Переломи плечової кістки належать до найпоширеніших травм верхньої кінцівки та супроводжуються значними функціональними порушеннями. У більшості випадків лікування передбачає тривалу іммобілізацію, що призводить до зниження м’язової сили, обмеження рухливості у плечовому суглобі, порушення координації та виникнення больового синдрому. У зв’язку з цим реабілітація виступає невід’ємною складовою лікувального процесу, оскільки без її застосування повноцінне відновлення функції верхньої кінцівки є практично неможливим.

Актуальність дослідження зумовлена високою частотою переломів плечової кістки та значним ризиком розвитку ускладнень, таких як контрактури, хронічний біль і обмеження функціональної активності. Негативні наслідки іммобілізації впливають не лише на фізичний стан пацієнта, але й на його повсякденну активність і якість життя. Тому застосування сучасних засобів фізичної терапії є важливим напрямом у відновленні функції кінцівки [2,4].

Метою дослідження є обґрунтування ефективності засобів фізичної терапії у відновленні функції верхньої кінцівки після перелому плечової кістки. Для досягнення поставленої мети передбачалося проаналізувати основні наслідки

іммобілізації, визначити етапи реабілітації та охарактеризувати вплив фізичних вправ і допоміжних методів на функціональне відновлення.

Після перелому плечової кістки у пацієнтів спостерігається комплекс змін, що включає атрофію м'язів, зменшення амплітуди рухів, порушення стабільності суглоба та зниження витривалості. Обмеження рухової активності сприяє розвитку застійних явищ у тканинах, погіршенню кровообігу та зниженню еластичності м'яких структур. Усе це потребує системного та поетапного підходу до відновлення.

Фізична терапія у відновному періоді базується на принципах поступовості, систематичності та індивідуалізації навантажень. На ранньому етапі після зняття іммобілізації основна увага приділяється відновленню мінімальної рухливості та зменшенню больового синдрому. З цією метою застосовуються маятникові рухи, пасивні вправи та ізометричні напруження м'язів. Такі вправи сприяють покращенню кровообігу, зменшенню набряку та підготовці суглоба до подальших навантажень. Додатково використовуються теплові процедури та масаж, які позитивно впливають на стан м'язів і зв'язок [2].

На наступному етапі реабілітації, коли біль зменшується, а рухливість частково відновлюється, впроваджуються активні вправи, спрямовані на збільшення амплітуди рухів і формування правильних рухових стереотипів. Використання допоміжних засобів, таких як палиці, рушники або еспандери, дозволяє поступово ускладнювати вправи та підвищувати ефективність занять. Вправи біля стіни або з використанням ковзання допомагають контролювати рух і уникати перевантаження. Силовий етап реабілітації передбачає відновлення м'язової сили та витривалості. У цей період застосовуються вправи з невеликим обтяженням, еспандерами та м'ячами. Особлива увага приділяється м'язам плечового пояса та лопатки, які забезпечують стабільність плечового суглоба. Паралельно використовуються фізіотерапевтичні методи, зокрема магнітотерапія, лазеротерапія та ультразвукова терапія, що сприяють зменшенню болю та стимуляції регенеративних процесів [1].

На пізньому етапі реабілітації основною метою є повернення пацієнта до звичного рівня активності. Застосовуються функціональні вправи, що імітують побутові та професійні рухи, а також такі види активності, як плавання та лікувальна фізкультура. Вправи на координацію та баланс сприяють відновленню складних рухових навичок і запобігають повторним травмам [3].

Ефективність фізичної терапії значною мірою залежить від дотримання принципів регулярності та поступовості. Виконання вправ має бути систематичним, із поступовим збільшенням навантаження відповідно до функціонального стану пацієнта. Важливо уникати різких рухів і перевантажень, які можуть призвести до ускладнень. Комплексний підхід, що включає фізичні вправи, масаж і фізіотерапію, забезпечує найкращі результати відновлення [1].

Отже, відновлення функції верхньої кінцівки після перелому плечової кістки є тривалим і багатокомпонентним процесом, що потребує індивідуального підходу та чіткої організації реабілітаційних заходів. Застосування засобів фізичної терапії дозволяє ефективно відновити рухливість, м'язову силу та

координацію, попередити розвиток ускладнень і повернути пацієнта до повноцінного життя.

Список літератури

1. Курінний І.М., Страфун О.С. Результати лікування хворих із переломами дистального епіметафіза плечової кістки та їх наслідками. Травма. 2019, № 3 випуск 20. С. 60-67.

2. Лаврик В. В., Бугаєнко Т. В. Особливості фізичної терапії при переломі плечової кістки відповідно до етапів реабілітації. Сучасні проблеми фізичної терапії та ерготерапії: теорія і практика : матеріали І Всеукраїнської науково-практичної конференції / відповід. ред. Т. В. Бугаєнко, наук. ред. О. М. Звіряка. – Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2022. С. 81-83

3. Ляхова, І. М. Фізична терапія хворих із переломами плечової кістки / І. М. Ляхова, Е. Ю. Дорошенко, А. І. Свириденко // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 15 : Науково-педагогічні проблеми фізичної культури (фізична культура і спорт) : зб. наук. праць. - Київ : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2021. - Вип. 3К (131). - С. 236-239. http://doi.org/10.31392/NPU-nc.series 15.2021.3К(131).57

4. Попсуйшапка О.К., Литвишко В.О., Ужигова О.Є., Підгайська О.О. Частота ускладнень лікування діафізарних переломів кінцівок за даними Харківської травматологічної МСЕК. Ортопедия, травматология и протезирование. 2020, №1(618). С. 20-5.

ПОСТВОЄННА ТРАНСФОРМАЦІЯ ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНОЇ СФЕРИ УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ, РИЗИКИ ТА СТРАТЕГІЧНІ ВЕКТОРИ РОЗВИТКУ

Бєльчев Максим Павлович,
ст. викладач кафедри економіки,
готельно-ресторанного та туристичного бізнесу,
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

Після припинення активних бойових дій туристично-рекреаційна сфера України увійшла в етап складної системної перебудови, що потребує принципово нового концептуального підходу до розуміння ролі туризму у соціально-економічному розвитку [1]. Військові події спричинили не лише пряме руйнування туристичної інфраструктури, а й довготривалі структурні деформації у функціонуванні ринку гостинності, зміну моделей поведінки споживачів, порушення кадрового та інституційного балансу [3]. У таких умовах актуальним стає питання формування довгострокових стратегій, спрямованих на відновлення, реконсолидацію та модернізацію галузі [6].

Одним із головних завдань поствоєнної політики є переосмислення просторової конфігурації туристичної інфраструктури [2]. На відміну від традиційних форм відбудови, сучасний підхід передбачає проєктування туристичного середовища не як копії довоєнних структур, а як адаптивної мережі, здатної функціонувати в умовах підвищених ризиків та ресурсних обмежень. Слід враховувати, що масштаб руйнувань різниться між регіонами, що формує неоднорідність територіальних можливостей для розвитку туризму. Це зумовлює необхідність просторової стратифікації регіонів за рівнем туристичної відбудови та застосування диференційованих підходів до реконструкції [6].

Не менш значущим є формування комплексної системи туристичної безпеки, яка виступає базовою умовою повернення туристичних потоків [7]. Наукові дослідження доводять, що туристи в постконфліктних країнах оцінюють не лише фактичний рівень ризику, а й ступінь довіри до інформаційних та управлінських структур, що забезпечують безпекову комунікацію [2]. У зв’язку з цим особливої ваги набувають цифрові системи моніторингу територій, інструменти превентивного попередження та створення публічно доступних карт безпечних маршрутів. У перспективі безпековий компонент tourist safety стає елементом державної політики, що визначає інвестиційну привабливість територій [6].

Повоєнна динаміка попиту демонструє появу нових моделей туристичної поведінки [5]. Внутрішній туризм виступає компенсаторним механізмом для населення, яке потребує психологічного відновлення та соціальної стабілізації.

Зростає популярність локальних, екоспрямованих і малотиражних туристичних продуктів, що ґрунтуються на принципах повільного туризму, безпечних маршрутів, контактів із природою та культурною спадщиною [3]. Натомість міжнародний туризм потребує тривалої репутаційної й інформаційної підтримки, спрямованої на руйнування стереотипів щодо небезпеки та позиціонування України як оновленого європейського туристичного напряму [7].

Питання кадрової трансформації у сфері гостинності набуває системного характеру [4]. Втрата значної кількості працівників, зрушення у професійних траєкторіях та зміни у структурі навичок створюють ситуацію, за якої традиційні форми підготовки фахівців більше не відповідають вимогам часу [5]. Сучасні тенденції вимагають переходу до компетентнісно орієнтованих моделей освіти, інтеграції гнучких форматів навчання, інституціоналізації неперервної освіти та активного залучення роботодавців до формування освітніх стандартів [1]. Особливої актуальності набувають навички кризового менеджменту, цифрової комунікації та інноваційного сервісного дизайну [4].

Не менш комплексною сферою виступає екологічна реабілітація територій, що постраждали внаслідок бойових дій [6]. Екосистемні порушення, забруднення ґрунтів, деградація природних ландшафтів і втрата рекреаційної здатності територій потребують упровадження науково обґрунтованих механізмів рекультивації, біовідновлення та екологічного моніторингу [2]. Одночасно формується запит на розвиток екотуризму, який поєднує рекреаційну, екопросвітницьку та збережувальну функції [7].

Вагомим напрямом модернізації є цифровізація туристичних процесів [1]. Йдеться не лише про автоматизацію операційних процедур, а й про створення інтелектуальних систем управління туристичною дестинацією, віртуальних моделей маршрутів, архітектоніку цифрових платформ, що забезпечують персоніфікований досвід [5]. Використання VR/AR-технологій, big data та елементів штучного інтелекту змінює концепцію туристичного продукту, роблячи його адаптивним, мобільним і стійким до зовнішніх викликів [6].

Особливу роль у поствоєнній культурній політиці відіграє меморіальний туризм, який виконує функцію збереження та трансляції колективної пам’яті [7]. У його розвитку важливим є дотримання етичних стандартів репрезентації травматичних подій, формування змістовних наративів та використання інструментів культурної дипломатії для залучення міжнародної спільноти [6].

Таблиця 1. Поствоєнні виклики та відповідні стратегічні напрями розвитку туристичної сфери України

Сфера	Характер проблеми	Стратегічний підхід
Інфраструктура	Фрагментація, руйнування	Відбудова за принципом адаптивної резилієнтності
Безпека	Невизначеність, міни, ризики	Інституціоналізація системи ризик-менеджменту

Сфера	Характер проблеми	Стратегічний підхід
Кадрова сфера	Дефіцит компетенцій	Переорієнтація освіти, неперервне навчання
Екологія	Деградація екосистем	Рекультивація та відновлювальні моделі
Технології	Нерівномірність цифровізації	Смарт-туризм, цифрові платформи
Імідж	Низька впізнаваність	Державні маркетингові стратегії

Отже, сучасний етап розвитку туристично-рекреаційної сфери України визначається необхідністю одночасного розв'язання інфраструктурних, кадрових, екологічних та технологічних проблем у межах єдиної стратегії післявоєнного відновлення [6]. Саме комплексність і системність дій, поєднаних із науково обґрунтованим прогнозуванням, можуть забезпечити формування конкурентоспроможної моделі розвитку галузі у довгостроковій перспективі [1; 7].

Список літератури

1. Melnychenko, S. H. Trends and structural shifts in the tourism industry of Ukraine during the war and post-war recovery. 2026.
2. Large-scale tourism transformations through regeneration: Ukraine case. Science Direct, 2024.
3. Kizyun, A.; Hutsal, L.; Tsurkan, I. Analysis of the tourism industry in Ukraine under war conditions. 2023.
4. Current State of the Hospitality Market in Ukraine. ResearchGate, 2024.
5. Veselovska, T. Ye. Impact of war on behavioral dynamics in hospitality. Academic Visions, 2024.
6. Zavidna, L. et al. Strategic Models for Post-War Recovery of Hospitality and Tourism. SSRN, 2025.
7. The Impact of War on Ukraine's Tourism Sector. International Journal of Contemporary Economics and Administrative Sciences, 2025.

The authors of the XVIII International Scientific and Practical Conference «Digital transformation: science in search of answers to global questions» were representatives of the following educational institutions:

Central Ukrainian National Technical University; Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture; Temirbek Zhurgenov Kazakh National Academy of Arts; Institute of Information and Communication Technologies and Cyber Defense; Baku State University; National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"; Azerbaijan State Oil and Industry University; Kharkiv National University of Radio Electronics; Lviv Polytechnic National University; Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants; Dnipro Professional College of Radio Electronics; Khmelnytskyi National University; National Transport University; Kyiv National Linguistic University; Konstantin Preslavsky University of Shumen; University of Fire Prevention and Fighting; Donetsk National Medical University; O. O. Bohomolets National Medical University; Odesa I. I. Mechnikov National University; Bukovinian State Medical University; Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University; Kharkiv National University of Internal Affairs; Zhurgenov Kazakh National Academy of Arts; Ukrainian State University of Railway Transport; Leonid Yuzkov University of Management and Law; Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics; Astana Medical University; Kazakhstan-Russian Medical University; S. D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University; Donetsk National Medical University; Kharkiv National Medical University; Cherkasy Medical Academy; Dniprovsk State Technical University; Kyiv National Linguistic University; National University of Civil Defense of Ukraine; Private Higher Educational Institution "European University"; Uzhhorod National University; Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University; Vasyl Stefanyk Precarpathian National University; Bohdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University and others.

DIGITAL TRANSFORMATION: SCIENCE IN SEARCH OF ANSWERS TO GLOBAL QUESTIONS

Scientific publications

Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference
«Digital transformation: science in search of answers to global questions»,
Warsaw, Poland. 259 p.
(May 5-8, 2026)

UDC 01.1
ISBN – 979-8-90214-547-9
DOI – 10.46299/ISG.2026.1.18

Text Copyright © 2026 by the International Science Group (isg-konf.com).
Illustrations © 2026 by the International Science Group.
Cover design: International Science Group (isg-konf.com)©
Cover art: International Science Group (isg-konf.com)©

All rights reserved. Printed in the United States of America.
No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required. Collection of scientific articles published is the scientific and practical publication, which contains scientific articles of students, graduate students, Candidates and Doctors of Sciences, research workers and practitioners from Europe, Ukraine and from neighboring countries and beyond. The articles contain the study, reflecting the processes and changes in the structure of modern science. The collection of scientific articles is for students, postgraduate students, doctoral candidates, teachers, researchers, practitioners and people interested in the trends of modern science development.

The recommended citation for this publication is: Nikanorov S. Architectural scale model: historical stages of development and modern transformation. Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference. Warsaw, Poland. 2026. Pp. 14-15 URL: https://isg-konf.com/digital-transformation-science-in-search-of-answers-to-global-questions/