

International Science Group

ISG-KONF.COM

XVII

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC
AND PRACTICAL CONFERENCE**

**«TECHNOLOGY AS AN EXTENSION OF MAN: THE LIMITS
OF THE POSSIBLE AND NEW PARADIGMS»**

Paris, France

April 28 – May 1, 2026

ISBN 979-8-90214-546-2

DOI 10.46299/ISG.2026.1.17

TECHNOLOGY AS AN EXTENSION OF MAN: THE LIMITS OF THE POSSIBLE AND NEW PARADIGMS

Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference

Paris, France
April 28 – May 1, 2026

UDC 01.1

The 17th International scientific and practical conference “Technology as an extension of man: the limits of the possible and new paradigms” (April 28 – May 1, 2026) Paris, France. International Science Group. 2026. 233 p.

ISBN – 979-8-90214-546-2

DOI – 10.46299/ISG.2026.1.17

EDITORIAL BOARD

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

TABLE OF CONTENTS

AGRICULTURAL ENGINEERING		
1.	Sakhno V., Puhach A., Sereda V., Sereda V. ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN AGROENGINEERING DURING MARTIAL LAW	9
AGRONOMY		
2.	Резніченко В.П., Кукурудза Ю.О., Москальченко В.В., Глазунова К.О., Стадніченко А.Р. ВПЛИВ УДОБРЕННЯ НА ВИСОТУ ТА БІОМЕТРИЧНУ СТРУКТУРУ АМАРАНТУ	14
APPLIED MECHANICS		
3.	Malanchuk O. TWO-POINT PROBLEM FOR THE WAVE EQUATION IN UNBOUNDED DOMAINS	19
ART		
4.	Sagyndyk N. THE LIMITS OF THE POSSIBLE AND NEW PARADIGMS OF DESIGN THINKING	22
AVIATION AND SPACE TECHNOLOGY		
5.	Pryimak L., Dovhal A., Kabyka S. ANALYTICAL APPROACHES TO THE DESIGN AND STRENGTH OF AIRPORT GROUND SUPPORT EQUIPMENT	29
CHEMISTRY		
6.	Koshchii I., Klimko Y. CF ₃ -B-DIKETONES AND TRIMETHYLHALOSILANES AS SYNTHONS FOR TETRAHYDROPYRIMIDINES	32
COMPUTER SCIENCE		
7.	Krechivska E. VISION-BASED OBJECT TRACKING AND GRASPING WITH KALMAN FILTER PREDICTION AND EYE-IN-HAND REFINEMENT FOR ROBOTIC MANIPULATION	42

8.	Kryvenko O. DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR PREDICTING EMPLOYEE TURNOVER USING MACHINE LEARNING METHODS	46
CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING		
9.	Burda Y. ANALYTICAL INVESTIGATION OF PARTICLE MIGRATION AND DEPOSITION MECHANISMS IN CLEANROOMS EQUIPPED WITH DISPLACEMENT VENTILATION	49
EARTH SCIENCES		
10.	Царик Л.П., Царик П.Л., Царик В.Л. РАРИТЕТНІ ЛАНДШАФТИ В МЕЖАХ ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ ЯК ОБЄКТИ ПРИРОДНОЇ СПАДЩИНИ	55
EDUCATION		
11.	Gubasheva A. EFFECTS OF GAMIFIED LEARNING STRATEGIES ON ALGEBRA ACHIEVEMENT AND MOTIVATION: A QUASI- EXPERIMENTAL STUDY IN KAZAKHSTAN	61
12.	Kraiova O., Tsybaniuk T. BENEFITS OF TECHNOLOGY FOR STUDENTS' MOTIVATION	68
13.	Kuzmenko N. IDENTIFYING PERCEPTUAL MODALITIES AS A MEANS OF IMPROVING STUDENTS' ACADEMIC PERFORMANCE	72
14.	Poleva J. THE ROLE OF ART-SCIENCE INTEGRATION IN TEACHING BIOLOGICAL DISCIPLINES	75
ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGIES		
15.	Harbuz S., Karpova D., Pasynchuk K., Myhalenko O. CONCEPT AND ESSENCE OF NATIONAL SECURITY OF UKRAINE	78
FOOD TECHNOLOGY		
16.	Aryngazy G., Bazylkhanova E. DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR FERMENTED MILK PRODUCTS USING PLANT ANTIOXIDANTS	82

17.	Bondar B., Niemirich O., Polovyk V. TECHNOLOGICAL ASPECTS OF COLOR PALETTE FORMATION IN PROTEIN-VITAMIN COCTAILS	85
18.	Hrebeniuk M., Koretska I., Poliovyk V. IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF MILK MOUSSES WITH THE USE OF PLANT BIOACTIVE COMPONENTS FOR THE KETO DIET	90
GEOGRAPHY AND REGIONAL STUDIES		
19.	Chornopyskyi Y., Bednarska N., Brega A., Vozniak T., Taranova N. FORECASTING CHANGES IN THE WATER REGIME OF RIVERS IN UKRAINE UNDER GLOBAL CLIMATE CHANGE	93
INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES		
20.	Микитенко Р.В., Чубіна Т.Д. ПРОТИПОЖЕЖНА ПРОПАГАНДА В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: ВИКЛИКИ, РИЗИКИ, ТА ОСОБЛИВОСТІ КОМУНІКАЦІЇ З НАСЕЛЕННЯМ	97
LAW		
21.	Osadcha V. CHILDREN'S RIGHTS IN EVACUATION PROCESSES DURING ARMED CONFLICT: LEGAL CHALLENGES OF PROTECTION, FAMILY SEPARATION, AND INSTITUTIONALIZATION	99
22.	Васюта Ю.В. ТЕНДЕНЦІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНОЗЕМНОГО ДОСВІДУ В ДІЯЛЬНІСТЬ СПІЛЬНИХ СЛІДЧИХ ГРУП	107
23.	Садиленко О.Л. НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГИ ПРО ВИЗНАННЯ ПРАВОЧИНУ НЕДІЙСНИМ З ПІДСТАВ ЙОГО ФРАУДАТОРНOSTІ В ПОЗАКОНКУРСНОМУ ОСПОРЕННІ	110
24.	Юрко І.В. ЦИВІЛЬНО-ПРАВОВА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ЗА ШКОДУ, ЗАВДАНУ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ	114

MANAGEMENT		
25.	Akhmetov I., Levkivska L. MANAGED IMMIGRATION IN THE CONTEXT OF TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION: A STRATEGY FOR ADDRESSING LABOR MARKET IMBALANCES IN UKRAINE	119
26.	Barkova K. PERSONAL BRANDING IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY AND CAREER INSTABILITY	126
27.	Zhumanova G. PHARMA 4.0 AS THE MAIN CONCEPT OF DIGITALIZATION OF PHARMACY OPERATIONS	131
28.	Кедеш Е.О., Войцеховська Ю.В. СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ	136
MEDICINE		
29.	Bolat Z.S., Igonina S., Issabekova D.S., Mukhametova A.A., Yegizbayeva A. DERMATOLOGICAL MANIFESTATIONS OF POLYCYSTIC OVARY SYNDROME	139
30.	Kyrbas Z.K., Abay A.A., Akhmetova G.B., Aldybayeva A.E., Erzhankyzy G. IRON DEFICIENCY ANEMIA IN PREGNANCY: THERAPEUTIC STRATEGIES AND OBSTETRIC OUTCOMES	148
31.	Serheta I., Redchits M. PREVENTIVE MEASURES AMONG STUDENTS, WHO ARE IN CONDITIONS OF DISTANCE LEARNING, AND WAYS OF THEIR USE AND IMPLEMENTATION	156
32.	Yerzhanov A.Y. METABOLIC AND HORMONAL MECHANISMS OF INSULIN RESISTANCE PROGRESSION: THE ROLE OF MITOCHONDRIAL DYSFUNCTION AND OXIDATIVE STRESS	159
33.	Алієв Р.Б., Янюк Ю.С. СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ РАННЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ВІРУСНИХ ЕНЦЕФАЛІТІВ: НОВІ ПАРАДИГМИ 2023–2026 РОКІВ	168

34.	Лопаткіна О.П., Галунко Г.М., Дамзін О.С. ПРЕНАТАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ЗАВИТКОВИХ ЯДЕР ЛЮДИНИ: МОРФОМЕТРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ	171
35.	Лященко О.А., Аксьонова А.С., Юрова А.А. ВАГІНАЛЬНИЙ МІКРОБІОМ ЯК КЛЮЧОВИЙ РЕГУЛЯТОР ПЕРСИСТЕНЦІЇ ВПЛ ТА РОЗВИТКУ СІН	174
PHILOLOGY		
36.	Siedina G. УКРАЇНСЬКИЙ ПЕРЕКЛАД "БОЖЕСТВЕННОЇ КОМЕДІЇ" ЄВГЕНА ДРОБ'ЯЗКА	178
37.	Лахно Н.В. ЕТНОУРБАНОНІМИ В ТОПОНІМІЧНОМУ ПРОСТОРІ МІСТ УКРАЇНИ: СТРУКТУРНО-СЕМАНТИЧНИЙ І ЛІНГВОКУЛЬТУРНИЙ АСПЕКТИ	188
38.	Мігорян О.В., Павлович Т.І. СУЧАСНА ЛІНГВІСТИКА ТА ЇЇ ДОСЛІДЖЕННЯ	192
39.	Никифорова І.В., Чечельницька В.С. DIE ROLLE DES WORTAKZENTS IN WÖRTERN FREMDER HERKUNFT IM MODERNEN DEUTSCHEN	196
40.	Степанюк Г.М. ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І ЕТИКА ПОВЕДІНКИ УЧАСНИКІВ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ	200
PSYCHOLOGY		
41.	Dunaievskia T. TECHNOLOGY-INDUCED STRESS AND EMOTIONAL SELF- REGULATION: EXPLORING THE POTENTIAL OF THE ELHM METHOD	203
42.	Ковальчук О. ПОДОЛАННЯ СУПРОТИВУ МЕДІАЦІЇ У ВІДНОВНОМУ ПРАВОСУДДІ	210
43.	Продан Є.О., Новікова С.В., Кузьміна Є.С. ПСИХОСЕМАНТИЧНА МОДЕЛЬ ЖИТТЄВОЇ АНТИЦИПАЦІЇ ЯК РАМКА ДОСЛІДЖЕННЯ МАЙБУТНЬОГО У ДОРОСЛИХ ІЗ РАС	214

TRANSPORT		
44.	Алексейчук Б.М. ВИРІВНЮВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ РЯДІВ ПОХИБОК НАВІГАЦІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ	216
45.	Клімов О.П., Васильєв М.І., Мартиненко М.М., Лучкань А.П., Тахтаров М.В. ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМАЩУВАННЯ ЦИЛІНДРО- ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНА 5ТДФ	226

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN AGROENGINEERING DURING MARTIAL LAW

Sakhno Viacheslav

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Department of Higher Mathematics, Physics and General Engineering Disciplines

Puhach Andrii

Doctor of Sciences of Public Administration,
Professor, Dean of the Faculty of Engineering and Technology

Sereda Volodymyr

undergraduate student (second year),
Department of Hydraulic Engineering, Water Engineering, and Water Technologies

Sereda Viktor

undergraduate student (second year),
Department of Hydraulic Engineering, Water Engineering, and Water Technologies
Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

Introduction. New Challenges for the Agricultural Sector

The full-scale war has radically altered the methods of Ukrainian agribusiness operations, its scaling, and energy security. While energy efficiency was previously viewed primarily as a tool for reducing production costs and increasing profit margins, today it has become a nationwide issue of food security and the physical survival of farms amid aggression and energy supply deficits.

Constant attacks on energy infrastructure have caused unprecedented instability. The risks of fuel and electricity supply disruptions have become a daily reality. The shortage of petroleum products during peak field operation periods, coupled with the rapid rise in energy costs, is forcing agricultural enterprises to seek solutions that previously seemed improbable or prohibitively expensive.

Traditional fuel supply logistics chains have suffered significant destruction or have become substantially more complex. This necessitates a transition to local energy sources for agricultural enterprises. An agro-enterprise is ceasing to be merely a consumer of resources; it is transforming into an autonomous, energy-independent hub. Today, autonomy is not a luxury, but a survival strategy that enables sowing and harvesting campaigns to proceed regardless of the state of centralized power grids.

1. Energy-Efficient Machinery Operation and Logistics

In conditions of limited resources, every liter of diesel fuel and every kilowatt-hour must be used with maximum efficiency (efficiency factor). The transition from purely mechanical labor to intelligent resource management has become the leading trend in agrotechnology for 2024–2026.

The use of GPS navigation and parallel driving systems [1] allows for the elimination of overlaps and skips during tillage, sowing, or spraying. This results in direct savings of fuel, seeds, and fertilizers within the range of 10–15%. The implementation of autosteering in agricultural machinery minimizes operator fatigue and ensures ideal pass-to-pass accuracy (up to 2 cm), which reduces unnecessary engine load and the draft resistance of implements.

Yield mapping and the differentiation of land resource productivity [2] are of particular importance. Thanks to yield maps, machinery automatically adjusts the application rates of mineral and organic fertilizers, avoiding energy waste where soil potential is limited.

A key approach to energy conservation and efficiency is the combination of technological operations. Modern combined implements allow for seedbed preparation, sowing, and fertilizer application to be performed in a single pass. This radically reduces the number of field passes, which not only saves fuel but also prevents excessive soil compaction.

A vital aspect of this approach is ballasting and tire pressure control. Reducing tire pressure during field operations increases the contact patch, reducing slippage and rolling resistance. However, improper settings can "eat up" to 20% of fuel. CVT (Continuously Variable Transmission), automatically select the gear ratio for the current load, allowing the engine to operate in its optimal range.

Fleet monitoring systems for machines working in the field enable real-time fuel consumption control. Telemetry helps identify unauthorized fuel siphoning, excessive idling, and inefficient field patterns.

The use of chaser bins allows combines to unload on the move. This increases harvesting productivity by 25% and lowers specific fuel consumption per ton of grain, as heavy trucks do not enter the loose field, remaining on hard-surface roads. The logistics component plays a vital and substantial role in energy saving.

2. Resource-Saving Soil Tillage Technologies

Conventional deep plowing is the most energy-intensive operation in crop production. Under the conditions of war, farmers are increasingly transitioning to Mini-till, Strip-till, and No-till technologies [3].

Abandoning plowing in favor of minimum tillage allows for a reduction in diesel fuel consumption by 30–50% per hectare. Instead of soil inversion (moldboard plowing), techniques such as subsoiling or direct seeding into stubble are utilized.

Recently, increasing attention has been paid to adaptive mechanization. The use of lightweight implements reduces draft resistance. The less we "disturb" the soil, the better its structure becomes, which, in the long-term perspective, further reduces the energy required for its cultivation.

3. Alternative Energy and Biofuels

The decentralization of energy supply is facilitated by the creation of so-called "energy islands" (Microgrids) [4].

The most prominent representative of alternative energy in this context is self-produced biofuel. Farms growing rapeseed or corn are implementing small-scale plants

for biodiesel and bioethanol production for internal needs. This eliminates dependence on external fuel supplies and ensures the farm's energy independence.

The use of biogas plants for processing livestock and crop waste allows for the production of gas to heat farms and greenhouses, as well as to power grain dryers. This creates a closed-loop ecosystem within the farm, transforming waste into a valuable energy resource.

Agrivoltaics occupies a unique position. Installing solar panels on hangar roofs or directly above crops (which also protects plants from excessive evaporation) provides power for refrigeration units, pumps, and lighting, even during blackouts.

4. Energy Efficiency in Greenhouse Systems and Raw Material Processing

Elevator complexes and greenhouses are major consumers of heat and electricity. Currently, gas installations are being replaced by units that utilize solid biofuels. The modernization of grain dryers involves transitioning to pellet burners fueled by wood chips or straw. Using biomass heat generators allows for a complete move away from expensive natural gas.

Small-scale irrigation is of significant importance. The implementation of drip irrigation systems with automatic pressure regulation minimizes electricity consumption at pumping stations.

Heat recovery [5] plays a substantial role in energy saving. In livestock complexes, systems are being introduced that capture heat from exhausted ventilation air. This heat is used to preheat the incoming fresh air stream or to heat water through heat exchange, reducing heating costs by 20–30%.

5. Key Modern Priorities for 2024–2026 in Ukraine

Currently, there are four priority directions for energy saving and enhancing the energy efficiency of Ukrainian farms.

First: Energy Decentralization. This involves integrating solar, wind, and biogas energy into a unified network with industrial-scale battery storage (Energy Storage Systems).

Second: Optimization of Technological Operations in Crop Production. An example is in-field briquetting—using mobile presses to process straw and crop residues into fuel directly during the harvesting process.

Third: Digitalization and Energy Auditing. The implementation of methodologies using Artificial Intelligence (AI) to predict peak loads and enable automatic switching between energy sources.

Fourth: Industrial Drone Integration. The most cutting-edge direction, which has significantly intensified the development of new technologies during the war, is the use of industrial drones in agriculture [6]. Spraying drones (agridrones) replace heavy machinery. A drone consumes only inexpensive electricity, eliminates mechanical energy losses from soil movement, and operates with pinpoint precision. The primary factors for savings include the absence of tramlines (technological tracks), reduced fuel consumption, and lower water requirements.

Another promising direction is the implementation of lightweight electric tractors [7], operated remotely for work in orchards and on livestock farms.

Conclusions

Under martial law, energy conservation in the agricultural sector has transformed from a sustainable development concept into a vital survival tool. Today, the primary focus is on:

- Minimizing energy-intensive operations (transitioning to No-till/Strip-till).
- Maximizing digital control (ensuring every liter of fuel works toward a result).
- Energy autonomy through the use of biomass and alternative energy sources.
- Replacing heavy machinery with industrial drones and the implementation of lightweight electric tractors.

Intelligent resource management, preventive maintenance (timely replacement of filters and nozzles can save up to 10% of fuel), and the transition to local energy generation are the pillars upon which the modern Ukrainian agricultural sector stands.

Calculations of the return on investment (ROI) for implementing these modern technologies show that for most typical farms with an area of approximately 1,000 hectares, the payback period is nearly one season.

References

1. Romanenko, M. V., & Revto, O. Ya. (2025). Avtomatyzatsiia i GPS-keruvannia traktoriv yak zasib pidvyshchennia efektyvnosti polovykh robot [Automation and GPS control of tractors as a means of increasing the efficiency of field work]. *Suchasna nauka: stan ta perspektyvy rozvytku*, (40). https://www.ksau.kherson.ua/files/konferencii/2025/12/zbirnik_material_2025_15.pdf
2. Starodubtsev, V. M., et al. (2018). Shliakhy vyznachennia prostorovoï neodnorodnosti rruntovoho pokryvu silskohospodarskykh uhid [Ways to determine the spatial heterogeneity of the soil cover of agricultural lands]. <https://doi.org/10.31548/me2018.03.117>
3. Doroshenko, V., & Onipko, V. (2025). Tekhnolohii Strip-till i Verti-till u konteksti minimizatsii obrobittu gruntu [Strip-till and Verti-till technologies in the context of soil tillage minimization]. *Scientific Progress & Innovations*, 28(3), 51–55. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.03.08>
4. Ponomar, O. A. (2022). *Matematychni modeliuvannia enerhoefektyvnosti v lokalnykh enerhetychnykh ostrovakh hibrydnogo typu* [Mathematical modeling of energy efficiency in local energy islands of a hybrid type] [Master's thesis/Doctoral dissertation, Kyiv National University of Technologies and Design]. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/22803>
5. Koviazin, O. S., et al. (2025). *Analiz alternatyvnykh dzherel enerhii dlia termorehulatsii povitria u tvarynnytskykh prymishchenniakh* [Analysis of alternative energy sources for air temperature control in livestock buildings]. *Helvetika*. <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-1-6>
6. Dubovyk, O. O., & Dubovyk, M. V. (2023). Ekolohichni ta ekonomichni aspekty vykorystannia ahrodroniv dlia staloho silskoho hospodarstva [Environmental and economic aspects of using agricultural drones for sustainable agriculture]. In *Khimiia, bio- i farmtekhnolohii, ekolohiia ta ekonomika v kharchovii, kosmetychnii ta*

farmatsevychnii promyslovosti (pp. 195–196).
<https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/66f1e697-22f0-47e2-ac92-57a0f3e8334c/content>

7. Myhal, V. D., Shuliak, M. L., & Shevchenko, I. O. (2023). *Intelektualni systemy traktoriv i avtomobiliv, servisnyi suprovid* [Intelligent systems of tractors and cars, service support]: Pidruchnyk. Maidan. https://itf.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2025/03/P_intelektual_ni-systemy_23-5-%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%8B-1.pdf

ВПЛИВ УДОБРЕННЯ НА ВИСОТУ ТА БІОМЕТРИЧНУ СТРУКТУРУ АМАРАНТУ

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

Однією з ключових проблем для аграрного виробництва в умовах Північного Степу України є кліматичні зміни, що зумовили трансформацію помірної зони у регіон ризикованого землеробства. Унаслідок цього постає необхідність у доборі культур, здатних витримувати екстремальні погодні умови - зокрема приморозки, посуху та дефіцит вологи як у ґрунті, так і в атмосфері - і водночас забезпечувати стабільно високі врожаї зеленої маси та зерна.

До таких перспективних, нетрадиційних культур належить амарант - псевдозлак, що характеризується комплексом господарсько цінних властивостей. Серед основних переваг культури виділяють високу посухостійкість, адаптивність до різних ґрунтово-кліматичних умов, низьку норму висіву, інтенсивний ріст, стійкість до хвороб і шкідників, а також значну урожайність і добру якість як зеленої маси, так і зерна [1].

Амарант є універсальною культурою, що знаходить широке застосування у харчовій, кормовій, фармацевтичній та декоративній сферах. Його зерно вирізняється високою поживною цінністю завдяки значному вмісту білка та сквалену - біологічно активної сполуки з бактерицидними й протипухлинними властивостями. Зелена маса використовується як цінний кормовий ресурс - як у чистому вигляді, так і в сумішах із бобовими чи злаковими культурами, покращуючи протеїновий склад силосу. Після відповідної обробки біомаса

служує сировиною для виробництва білково-вітамінних концентратів або високобілкового борошна [2].

Високий вміст білка та низький рівень вуглеводів у зеленій масі амаранту забезпечують отримання силосу високої поживності, який за якістю не поступається кукурудзяному і навіть перевищує соняшниковий. Листя культури придатне для споживання у свіжому вигляді, а насіння, що за смаком нагадує горіх, містить значні кількості білків, незамінних амінокислот, вітамінів, мікроелементів і біоактивних сполук, перевершуючи традиційні зернові культури за більшістю показників [3].

Зерно амаранту містить значну кількість крохмалю, який розташований у центральній частині зернини у вигляді дрібних гранул і за своїми властивостями подібний до кукурудзяного. Технологічна переробка насіння здійснюється різними способами, залежно від кінцевого призначення продукції. Його можна використовувати цілим або у вигляді борошна; під час помелу відокремлюються фракції, збагачені протеїном і олією, від тих, що містять переважно крохмаль. Із подрібненого насіння методом екстракції отримують олію, а знежирене борошно є джерелом білка і крохмалю. Крім того, амарантове зерно містить значні запаси кальцію, фосфору, магнію та рибофлавіну, що зосереджений переважно в зародку [4].

Завдяки високій енергетичній і поживній цінності, насіння амаранту широко використовується у виробництві харчових продуктів і олії. Важливою екологічною перевагою культури є її здатність до ефективного використання агрокліматичних ресурсів і адаптації до умов вирощування. Разом з тим рівень урожайності амаранту значною мірою визначається дотриманням технологічних вимог, зокрема системи удобрення, яка повинна узгоджуватися з біологічними особливостями культури та регіональними умовами [5].

Тому, в наших дослідженнях ми звернули увагу, як впливали мінеральне живлення на висоту та біометричну структуру амаранту.

Протягом всього вегетаційного періоду у сільськогосподарських рослин спостерігається лінійний приріст культури, який відображає ефективність проведених агрозаходів при вирощуванні культури.

В наших дослідженнях, ми встановили як впливало удобрення на висоту рослин амаранту (табл. 1).

Протягом років досліджень, було встановлено, що показники 2024 року, були меншими у порівнянні до показників 2025 року, оскільки у 2025 році були більш сприятливими, що відобразилося на прорості досліджуваного показника.

Таблиця 1

Висота амаранту сорту Ацтек протягом вегетаційного періоду залежно від
удобрення, см (в середньому за 2024-2025 рр.)

Фактор А Удобрення	Фактор В Способи сівби					
	рядковий 15 см			широкорядний 45 см		
	фази росту та розвитку					
	бутонізація	цвітіння	молочно воскова стиглість	бутонізація	цвітіння	молочно воскова стиглість
Без добрив	65,9	99,2	110,5	74,4	108,9	118,1
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	70,5	105,8	117,9	80,6	115,9	125,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	75,1	112,4	128,4	86,7	122,9	132,3
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	81,3	118,7	134,1	97,1	128,6	137,9

Так, на варіантах контролю, було зафіксовано найнижчу висоту по варіантах досліду, у фазу бутонізації, що склала 65,9 см, за рядкового способу сівби.

Протягом вегетаційного періоду спостерігався приріст рослин у висоту на всіх варіантах досліду.

Внесення мінеральних добрив забезпечило приріст у висоту у порівнянні до варіантів контролю.

Так, за внесення N₃₀P₆₀K₆₀, за рядкового способу сівби забезпечило висоту в посівах амаранту в межах 117,9 см, що було вищим від варіантів без добрив на 7,4 см, тоді як за широкорядного способу висота в посівах була в межах 125,2 см і вищим від контролю на 7,1 см.

Ділянки, де вносили добрива у дозі N₆₀P₆₀K₆₀, забезпечили наступні показники висоти рослин амаранту, що відповідно склало 128,4 см (рядковий спосіб сівби) та 132,3 см (широкорядний спосіб сівби).

Удобрення у дозі N₁₂₀P₆₀K₆₀ забезпечило максимальний приріст рослин досліджуваної культури, що відповідно до способів сівби склало 134,1 см (рядковий) та 137,9 см (широкорядний).

Отже, оптимальними виявилися умови за удобрення у дозі N₁₂₀P₆₀K₆₀ за широкорядного способу сівби що було вищим від контролю в межах 19,8 см.

В наших дослідженнях ми звернули увагу, як впливало внесення мінеральних добрив на біометричні показники у рослин амаранту (табл. 2).

Аналізуючи одержані данні, було встановлено, що досліджувані показники були найменшими на варіантах контролю (без удобрення).

Так, на контролі, за рядкового способу сівби кількість листків на рослині – 12,7 шт.; кількість бокових пагонів – 4,3 шт.; кількість розгалужених рослин – 50,8%; тоді як, за широкорядного способу сівби показники були дещо вищими відповідно на : кількість листків на рослині – 1,8 шт.; кількість бокових пагонів – 0,6 шт.; кількість розгалужених рослин – 5,7%.

Внесення мінерального добрива позитивно відобразилося на прирості досліджуваних показників по варіантах досліджень.

Так, за внесення удобрення у дозі $N_{30}P_{60}K_{60}$ було зафіксовано наступні показники за рядкового способу сівби: кількість листків на рослині – 14,2 шт.; кількість бокових пагонів – 5,6 шт.; кількість розгалужених рослин – 67,3%, що було вищим від контрольних варіантів відповідно на 1,5 шт., 1,3 шт.; 16,5%. За способу сівби 45 см при аналогічному удобренні спостерігався приріст досліджуваних параметрів відповідно на 1,6 шт.; 1,2 шт.; 8,5%.

Таблиця 2

Біометрична структура амаранту сорту Ацтек залежно від удобрення
(в середньому за 2024-2025 рр.)

Фактор А Удобрення	Фактор В Способи сівби					
	рядковий 15 см			широкорядний 45 см		
	фаза гілкування					
	кількість листіків на рослині, шт.	кількість бокових пагонів на рослині, шт.	кількість розгалужених рослин, %	кількість листіків на рослині, шт.	кількість бокових пагонів на рослині, шт.	кількість розгалужених рослин, %
Без добрив	12,7	4,3	50,8	14,5	4,9	56,5
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	14,2	5,6	67,3	15,8	6,8	75,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	15,9	7,8	81,6	18,1	10,7	87,4
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	16,1	8,7	84,6	19,9	9,8	90,6

Внесення удобрення у дозі $N_{60}P_{60}K_{60}$ по варіантах досліду забезпечено приріст по морфометричній структурі, що за способу сівби 15 см забезпечило: кількість листків на рослині – 15,9 шт.; кількість бокових пагонів – 7,8 шт.; кількість розгалужених рослин – 81,6 %; тоді як при широкорядних посівах кількість листків на рослині – 18,1 шт.; кількість бокових пагонів – 10,7 шт.; кількість розгалужених рослин – 87,4%.

Максимальними були показники за внесення удобрення у дозі $N_{120}P_{60}K_{60}$, де було зафіксовано найвищі результати у порівнянні до інших варіантів досліду.

Так, при рядковому способі кількість листків на рослині – 16,1 шт.; кількість бокових пагонів – 8,7 шт.; кількість розгалужених рослин – 84,6 %; тоді як при широкорядних посівах кількість листків на рослині – 19,9 шт.; кількість бокових пагонів – 9,8 шт.; кількість розгалужених рослин – 90,6%.

Оптимальними, були умови на ділянках за широкорядного способу сівби, за удобрення у дозі $N_{120}P_{60}K_{60}$, що були вищими від контрольних відповідно на 10,8 шт.; 5,5 шт.; 39,8%.

Отже, максимальна висота була зафіксована за удобрення $N_{120}P_{60}K_{60}$ на широкорядних посівах – 137,9 см (фаза молочно воскова стиглості) та була

вищою серед інших варіантів дослідів в межах 19,9 %. Також, ці варіанти забезпечили максимальну кількість листків на рослині – 19,9 шт.; кількість бокових пагонів – 9,8 шт.; кількість розгалужених рослин – 90,6%, що у порівнянні до інших варіантів дослідів було найвищим.

Список літератури

1. Дудка М. Перспективи використання амаранту в кормовиробництві північного Степу України. Селекція, насінництво, технології вирощування круп'яних та інших сільськогосподарських культур: досягнення і перспективи : зб. наук. праць II міжнар. наук.-практ. конф. 25–26 квітня 2016 р. (ПДАТУ, м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль : Крок, 2016. С. 233–236
2. Овсієнко С.М., Соломон А.М. Амарант: практичні аспекти використання : Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 151 с
3. Войташенко Д. П. Оптимізація елементів технології вирощування амаранту зернового напрямку в умовах південного Степу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09. Херсонський держ. аграр. ун-т. Херсон, 2008. 16 с
4. Рахметов Д., Рибалко Я. Амарант знову нагадує про себе. Пропозиція. 2005. № 2. С. 67-68.
5. Рудишин В. К., Дерев'янський В. П., Молдован В. Г. Ріст та розвиток рослин амаранту волотистого залежно від строку посіву Проблеми вирощування, переробки і використання амаранту на кормові, харчові і інші цілі : матеріали Першої Всеукр. наук.-практ. конф. Вінниця, 1995. С. 39–50.

TWO-POINT PROBLEM FOR THE WAVE EQUATION IN UNBOUNDED DOMAINS

Malanchuk Oksana,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Professor of the Department of Biophysics,
Danylo Halytsky Lviv National Medical University

Two-point problems for partial differential equations occupy an important place in modern applied mathematics, as they allow modeling a wide range of physical processes associated with wave propagation. Particular interest is given to problems for the wave equation in which additional conditions are specified at different moments in time [1].

The study of two-point boundary value problems for the wave equation with conditions specified at different moments in time in unbounded domains is highly relevant in applied mechanics. This is due to the fact that such problems adequately describe wave propagation processes in infinite or large-scale media, where spatial boundary effects are negligible or absent.

In applied mechanics, these models arise in the analysis of oscillatory and wave phenomena in continuous media, including problems of acoustics, fluid dynamics, elasticity theory, and biomechanics [2,3]. Two-point conditions in time make it possible to incorporate information about the state of a system at both the initial and final stages of the process, which is characteristic of control, optimization, and reconstruction problems for dynamic systems.

Such problems become particularly challenging in unbounded domains, where classical solution methods require significant generalization. This necessitates the development of effective analytical approaches, in particular the differential-symbol method, which enables the investigation of solution structures, the establishment of existence and uniqueness conditions, and the analysis of wave behavior in space and time.

Thus, the study of two-point boundary value problems for the wave equation with time conditions in unbounded domains has significant theoretical and practical importance, especially for modeling and controlling wave processes in various fields of applied mechanics.

The aim of this study is to investigate a two-point boundary value problem for the wave equation with conditions specified at different moments in time in unbounded spatial domains, as well as to develop approaches for constructing its solutions.

The obtained results can be applied to the modeling of wave processes in physics, continuum mechanics, acoustics, and other fields where complex temporal dependencies and unbounded spatial domains must be taken into account.

Wave propagation in a homogeneous isotropic medium is described by the wave equation of the form

$$\frac{d^2u}{dt^2} = \gamma \left(\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{d^2u}{dy^2} \right), \quad (1)$$

where $u(t, x, y)$ is an unknown function describing the oscillatory process, t denotes time, and γ is the phase velocity of wave propagation.

The wave equation can serve as a mathematical model for certain medico-biological processes, where the function $u(t, x, y)$ is interpreted as a kinetic characteristic of a particular biological phenomenon [4]. In particular, in problems of erythrocyte mechanics, the solution of equation (1) is often interpreted as the velocity potential in an acoustic model of plasma motion, which is treated as an ideal fluid.

The process of wave propagation in unbounded domains is considered, which is described by the unknown function $u(t, x, y)$, representing a solution of equation (1) and satisfying the following two-point conditions in time:

$$\begin{aligned} a_1 u(0, x, y) + b_1 \frac{\partial u}{\partial t}(0, x, y) &= \varphi(x, y), \\ a_2 u(r, x, y) + b_1 \frac{\partial u}{\partial t}(r, x, y) &= \psi(x, y), \end{aligned} \quad (2)$$

where the functions $\varphi(x, y)$ and $\psi(x, y)$ have polynomial or quasi-polynomial forms. The determination of the unknown function makes it possible to evaluate the value of the considered quantity at any time instant and at any spatial point.

Conditions (2) represent time-dependent boundary conditions, which, depending on the coefficients, may define different types of constraints, in particular:

$$u(0, x, y) = \varphi(x, y), \quad u(r, x, y) = \psi(x, y).$$

Conditions for the uniqueness of the solution of the problem have been established, ensuring the existence and uniqueness of the solution within a specified class of functions. Based on these conditions, an analytical solution to the problem has been constructed using the differential-symbol method [5].

The proposed approach allows the original boundary value problem to be reduced to a problem in the space of symbolic operators, which significantly simplifies the process of its analysis and solution construction. The obtained results make it possible to investigate the structure of wave processes in unbounded domains and to analyze their behavior under prescribed two-point conditions in time.

The obtained results are of significant importance in applied physics, particularly in the modeling and analysis of wave propagation phenomena in continuous media. The developed approach can be effectively used for studying oscillatory processes in acoustics, elasticity theory, fluid dynamics, and plasma physics, where wave-type interactions play a key role.

In particular, the proposed methodology enables the description of wave dynamics in unbounded domains, which is essential for realistic physical systems where boundary effects can be neglected or are not well-defined. The use of two-point conditions in time allows for the incorporation of additional information about the system state at different stages of evolution, which is relevant for inverse problems, control theory, and reconstruction of physical processes.

Furthermore, the differential-symbol method provides a convenient analytical tool for transforming complex differential models into more tractable forms, facilitating

both theoretical investigation and practical computation. This enhances the ability to analyze stability, propagation characteristics, and qualitative behavior of wave processes in various applied physics problems.

References:

1. J. R. Graef, L. Kong, and Q. Kong, “Higher order multi-point boundary value problems”, *Mathematische Nachrichten*, 2011, Vol. 284, Iss. 1, pp. 39–52.
2. E. B. Magrab, *Vibrations of Elastic Systems with Applications to MEMS and NEMS*, New York, Springer, 2012.
3. K. A. Lie, *The wave equation in 1D and 2D*. Dep. of Informatics University of Oslo, 2005.
4. N. M. Kizilova and O. M. Soloviova, “Mathematical modeling of pulse wave propagation along the human aorta”, *Biophysics Bulletin*, 2018, Vol. 40, pp. 26–39 [in Ukrainian].
5. Z. Nytrebych, O. Malanchuk, V. Il'kiv, P. Pukach, On the solvability of two-point in time problem for PDE. *Italian J. of Pure and Appl. Math.*, 2017, Vol. 38, pp. 715–726.

THE LIMITS OF THE POSSIBLE AND NEW PARADIGMS OF DESIGN THINKING

Sagyndyk Nurzhan

Master's Student (1st year), Educational Program 7M02190 –Design
Zhurgenov Kazakh National Academy of Arts,
Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract. This article examines the phenomenon of technology as an instrument for extending the cognitive and creative capacities of the designer. Drawing on Marshall McLuhan's concept of media as an "extension of man," the author investigates how digital technologies transform the philosophy of design thinking — from the formation of a concept to its materialisation. A qualitative analysis of contemporary design practice, grounded in philosophical literature review and case-based reasoning, reveals three levels of technological extension, three irreducible human limits, and three emergent paradigms of design thinking. The article concludes that technology does not replace design thinking but creates new horizons of possibility within it, demanding a philosophy of hybrid, reflective practice.

Keywords: design thinking, philosophy of design, technology, McLuhan, artificial intelligence, paradigm, digital environment, project methodology.

1. Introduction

The question of the boundaries between the human and the technological in creative activity has acquired particular urgency in the era of generative artificial intelligence, parametric design, and immersive environments. The designer today operates under conditions in which the tool has ceased to be a passive conduit for ideas — it has become an active participant in the design process itself.

As early as 1964, Marshall McLuhan articulated a foundational thesis: "The medium is the extension of man" — any technology extends certain capacities of the human body and mind. The wheel extends the foot, the book extends memory, and electronic networks extend the nervous system. Applied to design, this thesis opens a fundamentally new angle of inquiry: if technology is an extension of the designing subject, what are the limits of that extension? And what happens to the philosophy of design thinking when the extension reaches a critical threshold?

Despite a growing body of literature on Design Thinking as a methodology (Brown, 2009; Cross, 2011; Buchanan, 1992), the philosophical foundations of the designer's relationship with technological tools remain underexplored. Existing studies tend to address either the practical dimensions of digital tools in design workflows or the broad sociological implications of technological change, without integrating these perspectives into a coherent philosophy of design thinking.

The present study addresses this gap. Its purpose is threefold: (1) to examine the transformation of the philosophical foundations of project thinking under the influence of the technological environment; (2) to identify the irreducible limits of technological

extension in design; and (3) to articulate the new paradigms of design thinking emerging at the human–technology intersection.

The research question guiding this study is: *In what ways does technology extend — and where does it fundamentally limit — the designer's project thinking, and what new philosophical paradigms does this tension produce?*

2. Methods

This study employs a qualitative, theoretically grounded methodology drawing on three complementary approaches.

2.1. Systematic philosophical literature review

A review of foundational and contemporary philosophical literature was conducted to establish the theoretical framework. Primary sources included McLuhan's media theory (*Understanding Media*, 1964), Heidegger's philosophy of technology (*The Question Concerning Technology*, 1954), Don Ihde's postphenomenology (*Technology and the Lifeworld*, 1990), and Merleau-Ponty's phenomenology of embodiment (*Phenomenology of Perception*, 1945). Secondary sources encompassed design research literature (Brown, 2009; Cross, 2011; Buchanan, 1992) and contemporary scholarship on AI ethics in design (Floridi, 2023; Verbeek, 2005).

The review followed an interpretive approach: rather than conducting a systematic bibliometric analysis, the aim was to identify conceptual intersections between philosophy of technology and philosophy of design that have not been previously synthesised in the literature.

2.2. Conceptual analysis

Conceptual analysis was applied to identify, define, and relate the core categories of the study: "extension," "limit," and "paradigm" as applied to design thinking. This method involved examining how these concepts operate across different theoretical traditions and synthesising them into a unified analytical framework. The resulting framework — comprising three levels of extension, three limits, and three paradigms — constitutes the primary theoretical contribution of the study.

2.3. Case-based reasoning

To ground the theoretical framework in contemporary practice, case-based reasoning was employed. Specific technological systems widely used in current design practice were examined as illustrative cases: parametric modelling environments (Grasshopper, Rhino) for the cognitive level; generative image systems (Midjourney, Adobe Firefly) for the intuitive level; and algorithmic bias in design outputs for the ethical level. Cases were selected on the basis of their theoretical representativeness — their capacity to illuminate a distinct dimension of the human–technology relationship in design — rather than their frequency of use.

This methodological combination reflects the interdisciplinary nature of the research problem, situated at the intersection of philosophy, design theory, and technology studies.

3. Results

3.1. Three levels at which technology extends design thinking

Analysis of the philosophical literature and contemporary design practice yielded three distinct levels at which technology extends the designer's project thinking.

3.1.1. The cognitive level

Digital tools extend the cognitive capacities of the designer — the volume of information that can be retained, the speed of iteration, and the capacity for simulation. Parametric modelling software (Grasshopper, Rhino) makes it possible to explore thousands of formal variations where manual design permitted only dozens. This quantitative extension gradually transitions into a qualitative one: the designer begins to think differently — not from a single solution toward its realisation, but from a space of possibilities toward selection within it. This corresponds to what Design Thinking researchers identify as "divergent thinking" — the capacity to generate multiple alternatives before moving to convergence (Brown, 2009). Technology does not replace this mode of thinking, but radically expands its range.

3.1.2. The intuitive level

Technology extends not only the rational but also the intuitive dimension of design. Generative systems (Midjourney, Stable Diffusion, Adobe Firefly) allow the designer to visualise vague intuitions — images that have not yet crystallised into a concept. Technology here functions as an "external memory of intuition," enabling the designer to capture and investigate what previously remained in the realm of indistinct sensation. This finding resonates with Polanyi's concept of "tacit knowledge" (1966): a significant portion of the designer's professional knowledge resists verbalisation, and digital tools create new means of externalising this knowledge, rendering it available for reflection and iterative development.

3.1.3. The ethical level

The expansion of possibilities is always accompanied by an expansion of responsibility. Technology confronts the designer with questions that did not previously exist: to whom does the authorship of a generative object belong? What are the ecological consequences of computationally intensive design? How do algorithmic biases reproduce themselves in design decisions? The philosophy of design thinking must therefore encompass ethical reflection on technological instruments — not only as means, but as agents that actively shape the outcome. This finding aligns with Floridi's analysis of the ethical implications of AI systems (2023) and extends it into the specific context of design practice.

3.2. Three irreducible limits of technological extension

Despite the scope of technological extension identified above, analysis revealed three domains in which human agency remains irreducible and cannot be delegated to technological systems.

3.2.1. The limit of meaning

Technology can generate form, but it cannot pose the question of the form's necessity. The meaning of a design decision — why this object exists, what problem it addresses, whose values it embodies — remains an exclusively human prerogative. A

designer who delegates meaning-making to an algorithm ceases to be an author in the philosophical sense. This limit corresponds directly to Heidegger's concern about *Gestell* (1954): the technological mode of revealing the world treats everything as a "standing reserve," evacuating questions of purpose and meaning from the design process.

3.2.2. The limit of context

Technological systems are trained on existing data and reproduce patterns of the past. The capacity to design for fundamentally new contexts — unforeseen social situations, cultural shifts, existential challenges — requires human understanding that exceeds the boundaries of trained models. The designer's irreplaceable contribution lies in this capacity for contextual interpretation: the ability to read a situation that no dataset has yet described.

3.2.3. The limit of embodiment

Merleau-Ponty's phenomenology (1945) underscores the foundational role of bodily experience in cognition. Human-centred design requires embodied understanding — the capacity to feel the weight, texture, and ergonomics of an object. This dimension remains inaccessible to technological systems in their current form. Ihde's postphenomenology (1990) further clarifies this limit: while technology can mediate bodily experience, it cannot substitute for the lived, pre-reflective understanding that emerges from direct corporeal engagement with the world.

3.3. Summary of findings

The three levels of extension and three limits together constitute the analytical core of this study and are presented schematically in the conceptual framework (Figure 1). The tension between extension and limit — technology expanding the designer's capacities while leaving certain domains irreducibly human — is the productive site from which new paradigms of design thinking emerge. Fig 1

ART TECHNOLOGY AS AN EXTENSION OF MAN: THE LIMITS OF THE POSSIBLE AND NEW PARADIGMS

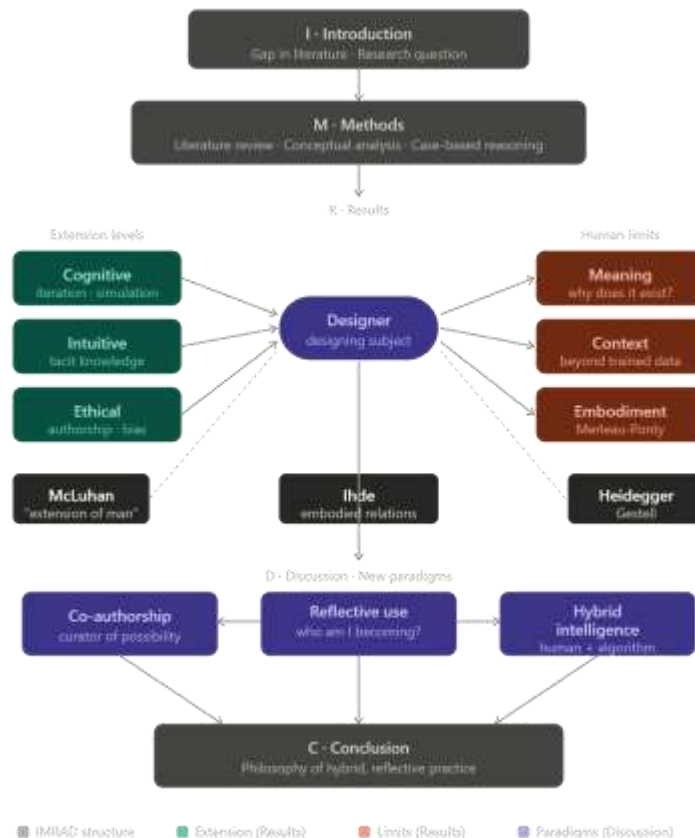


Figure 1. Conceptual framework: technology as extension of the designing subject, mapped onto IMRAD structure. Author's elaboration based on McLuhan (1964), Heidegger (1954), and Ihde (1990).

4. Discussion

4.1. Three new paradigms of design thinking

On the basis of the results presented above, three new paradigms can be articulated that define the philosophy of design thinking in the technological era.

4.1.1. The paradigm of co-authorship

The designer ceases to be the sole author of a design solution and becomes the curator of a dialogue between human intention and technological possibility. Project thinking shifts accordingly — from creation to selection and interpretation, from making to the capacity to recognise the significant within the generated. This paradigm demands a new professional identity: the designer as editor of possibility spaces. This represents a significant departure from classical notions of authorship in design, which have historically centred on the individual creative subject (Cross, 2011).

4.1.2. The paradigm of reflective use

Professional competence in design is increasingly defined not by mastery of specific tools, but by the capacity to reflect philosophically on one's own practice. The question "what tool am I using?" becomes inseparable from the question "who am I becoming by using this tool?" This Socratic dimension of design practice — the examined use of technology — constitutes a new core competency. This paradigm resonates with Verbeek's argument (2005) that the ethical implications of technology are inseparable from the practices of its use.

4.1.3. The paradigm of hybrid intelligence

The most productive model of design emerges not in the opposition of human and artificial intelligence, but in their synergy. The human contributes meaning, context, and ethics; technology contributes computational power, speed, and scale. The philosophy of design thinking in the future is a philosophy of the hybrid subject — one that is neither purely human nor purely algorithmic, but something genuinely new. This paradigm extends and concretises Floridi's (2023) concept of the "infosphere" into the specific domain of design practice.

4.2. Theoretical implications

These findings have several implications for the philosophy of design. First, they suggest that the classical opposition between "human creativity" and "machine processing" is philosophically inadequate: both extension and limit are constitutive of the designer's subjectivity in the technological era. Second, they indicate that design philosophy must move beyond purely instrumental accounts of technology — accounts that treat tools as neutral — toward a relational ontology in which tools and designers co-constitute one another. Third, they suggest that design education must cultivate not only technical competence but philosophical literacy: the capacity to reflect on the conditions of one's own practice.

4.3. Limitations and future research

This study has several limitations that should be acknowledged. First, the case-based reasoning employed draws on illustrative rather than systematically sampled cases; future research could complement the theoretical framework with empirical data gathered from practising designers. Second, the study focuses primarily on Western philosophical traditions; further research should explore how non-Western philosophical frameworks — including Islamic, Confucian, and Indigenous perspectives — conceptualise the human–technology relationship in design. Third, the rapid pace of technological change means that specific tools cited (Midjourney, Grasshopper) may be superseded; the theoretical framework, however, is intended to remain applicable across successive generations of technology.

5. Conclusion

This study set out to examine the transformation of design thinking under the influence of the technological environment, to identify the irreducible limits of technological extension, and to articulate the new paradigms emerging from this tension. Three principal conclusions can be drawn.

First, technology extends the designer's project thinking at three levels — cognitive, intuitive, and ethical — fundamentally altering not only what the designer can do, but how the designer thinks. McLuhan's thesis retains its full explanatory force in the era of artificial intelligence.

Second, this extension encounters three irreducible limits — meaning, context, and embodiment — that remain exclusively human territory. It is here that the core of design philosophy is located: in the capacity to pose questions about meaning where technology offers only answers about form.

Third, the tension between extension and limit produces three new paradigms — co-authorship, reflective use, and hybrid intelligence — that together constitute a philosophy of design thinking adequate to the technological present.

The future of design lies neither in the human nor in the machine alone, but in the philosophical understanding of their joint design action. This understanding — rigorous, critical, and ethically engaged — is the irreducible task of the designing subject in the twenty-first century.

References

1. McLuhan, M. (1964). *Understanding Media: The Extensions of Man*. McGraw-Hill.
2. Heidegger, M. (1977). *The Question Concerning Technology and Other Essays*. Harper & Row.
3. Ihde, D. (1990). *Technology and the Lifeworld: From Garden to Earth*. Indiana University Press.
4. Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. Doubleday.
5. Merleau-Ponty, M. (2002). *Phenomenology of Perception*. Routledge.
6. Brown, T. (2009). *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations*. HarperBusiness.
7. Buchanan, R. (1992). Wicked problems in design thinking. *Design Issues*, 8(2), 5–21.
8. Floridi, L. (2023). *The Ethics of Artificial Intelligence*. Oxford University Press.
9. Cross, N. (2011). *Design Thinking: Understanding How Designers Think and Work*. Berg Publishers.
10. Verbeek, P.-P. (2005). *What Things Do: Philosophical Reflections on Technology, Agency, and Design*. Penn State University Press.
11. Norman, D. (2013). *The Design of Everyday Things* (Revised ed.). Basic Books.
12. Flusser, V. (1999). *The Shape of Things: A Philosophy of Design*. Reaktion Books.
13. Abazov, R. (2007). *Culture and Customs of the Central Asian Republics*. Greenwood Press (USA). – URL: <https://pdfcoffee.com/culture-and-customs-of-the-central-asian-republics-goldenshark--pdf-free.html> (accessed: 15.04.2026).

ANALYTICAL APPROACHES TO THE DESIGN AND STRENGTH OF AIRPORT GROUND SUPPORT EQUIPMENT

Pryimak Liudmyla

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of Air Transport Department
National University “Kyiv Aviation Institute”

Dovhal Andrii

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of Air Transport Department
National University “Kyiv Aviation Institute”

Kabyka Svitlana

Assistant of Air Transport Department
National University “Kyiv Aviation Institute”

The aviation industry is characterized by high safety standards, strict regulatory frameworks, and the necessity for uninterrupted operational performance [1]. Within this environment, airport ground support equipment (GSE) plays a fundamental role in ensuring the continuity of ground operations. GSE includes a wide spectrum of vehicles and mechanical systems [2].

The operational environment of GSE is inherently complex. Equipment must function reliably under varying climatic conditions, high utilization rates, and significant mechanical stresses. Moreover, the increasing emphasis on sustainability, modeling, and automation introduces new engineering challenges in terms of structural design, weight optimization, safety regulation and energy efficiency [3,4].

Airport GSE design relied heavily on conservative assumptions and empirical safety factors. While effective, such approaches often led to over-engineered and inefficient systems. The modern engineering paradigm shifts toward analytical and computational methods, allowing precise modeling of loads, stresses, and failure mechanisms [5,6]. These methods significantly enhance design accuracy, reduce material consumption, and improve lifecycle performance. Functional and Operational Requirements of the design of GSE must satisfy a wide range of functional and operational requirements, which directly influence engineering decisions at all stages of development [7].

Firstly, operational reliability is important factor. GSE must maintain consistent performance under continuous and intensive usage, often operating in multi-shift environments with minimal downtime. Any failure can disrupt airport operations, leading to delays and economic losses. Secondly, mechanical strength and durability are essential. Equipment must withstand both static and dynamic loads, including

payload forces, acceleration, braking, and vibrations. For example, an aircraft tug must generate sufficient tractive effort to move large aircraft while maintaining structural integrity under high torque loads. Thirdly, adaptability and compatibility are required. GSE must be compatible with a wide range of aircraft types and airport configurations. This necessitates modular and flexible design approaches. Fourthly, safety and ergonomics are critical considerations. Equipment must ensure operator safety and minimize human error through intuitive controls and stable structural behavior. Finally, environmental sustainability is becoming increasingly important.

Modern airport GSE design incorporates electric propulsion systems, lightweight materials, and energy-efficient components to reduce emissions and environmental impact. These requirements form the basis for analytical modeling and structural design strategies.

Load analysis and structural modeling are the principle components of any structural design process. In the context of airport GSE, loads are different and often complex due to the dynamic nature of airport operations. Loads acting on GSE can be categorized as follows: static loads: self-weight of the structure and payload; dynamic loads: inertial forces due to motion, acceleration, and braking; cyclic loads: repetitive loading patterns leading to fatigue; environmental loads: outer forces, temperature gradients, and corrosion effects; impact loads: sudden forces due to collisions or operational incidents.

The design of airport GSE must satisfy several strength criteria: yield strength to prevent permanent deformation, ultimate strength to avoid catastrophic failure, fatigue strength for cyclic loading conditions, fracture toughness to resist crack existing.

Airport environments expose GSE to humidity, chemicals, and temperature variations. Protective coatings, corrosion-resistant alloys, and proper material selection are essential to ensure long-term durability. Fatigue is one of the most critical failure mechanisms in GSE due to repeated operational cycles.

Structural optimization determines the optimal material distribution within a design space, resulting in lightweight yet strong structures. Optimization plays a central role in modern engineering, enabling the development of efficient and cost-effective designs. Parametric optimization such as dimensions, material properties, and geometry are systematically adjusted to achieve optimal performance.

GSE design must comply with international aviation standards and regulatory requirements. These standards define safety, performance, and environmental criteria. Key aspects include: structural safety, operational reliability, maintenance and inspection procedures, environmental impact. Compliance is achieved through a combination of analytical verification and physical testing.

Analytical approaches to the design and strength assessment of airport GSE represent a fundamental component of modern aviation engineering. The transition from empirical methods to advanced computational and analytical techniques has significantly improved the efficiency, safety, and reliability of GSE. By integrating load analysis, material science, fatigue assessment, and optimization methods, engineers can develop high-performance equipment capable of meeting the demands of contemporary airport operations. Furthermore, the implementation of digital

technologies such as digital and machine learning enhances predictive capabilities and lifecycle management.

In the context of fast developing aviation systems, the role of analytical engineering will continue to expand. Future innovations will depend on the ability to accurately model complex systems, optimize design parameters, and ensure compliance with safety norms and environmental standards.

Thus, the application of advanced analytical methodologies contributes not only to the structural integrity of GSE but also to the overall efficiency and sustainability of global air transport systems.

References:

1. Pryimak L. Aerodrome ground support equipment safety as a system of integration of design, regulation and risk management Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference. Tallinn, Estonia. 2026 (March 24-27, 2026), Pp. 16-18.
2. Pryimak L. Conceptual criteria for the classification of equipment for airport passenger terminals. Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference «Features and trends of interdisciplinary scientific research» Sofia, Bulgaria. April 7-10, 2026. Pp. 16-18.
3. Pryimak L., Dovhal A., Kabyka S. Statistical Modeling of Wear in Airport Ground Support Equipment. Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference "GLOBAL TRENDS AND DIRECTIONS OF SCIENTIFIC RESEARCH DEVELOPMENT" (March 31 - April 3, 2026), Bilbao, Spain. 2026. Pp. 25-29.
4. Pryimak L. Technological solutions for enhancing the safety and service life of passenger boarding stairs at airports. Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference «Current trends in the development of science and society». Oslo, Norway 2026. (March 10-13, 2026), Pp. 17-19.
5. Dovhal A., Pryimak L. Influence of external factors on the operational reliability of locking mechanisms of two-section self-propelled boarding stairs at airports. Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference "Digitalization and sustainable development: from technology to society", Florence, Italy. 2026 (March 17-20, 2026), P.p 28-32.
6. Pryimak L. MATHEMATICAL MODELING AND RELIABILITY ASSESSMENT OF AIRPORT GROUND SUPPORT EQUIPMENT. Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference "DIGITAL TECHNOLOGIES AND DEVELOPMENTS: PROBLEMS OF THEIR USE AND ACHIEVEMENTS" . Hamburg, Germany, April 21-24, 2026. Pp. 16-19.
7. Pryimak L. Comprehensive approach to the standardization of airport ground support equipment operations. Proceedings of the XV International Scientific and Practical Conference «Transformations of education in the era of modern technologies», April 14-17, 2026, Krakow, Poland. Pp. 8-9.

CF₃-β-DIKETONES AND TRIMETHYLHALOSILANES AS SYNTHONS FOR TETRAHYDOPYRIMIDINES

Koshchii Iryna

PhD in Chemistry, Associate Professor
Department of Organic Chemistry and Technology of Organic Substances
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
03056, 37 Beresteiskyi Ave., Kyiv, Ukraine

Klimko Yurii

PhD in Chemistry, Senior Lecturer
Department of Organic Chemistry and Technology of Organic Substances
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
03056, 37 Beresteiskyi Ave., Kyiv, Ukraine

Abstract.

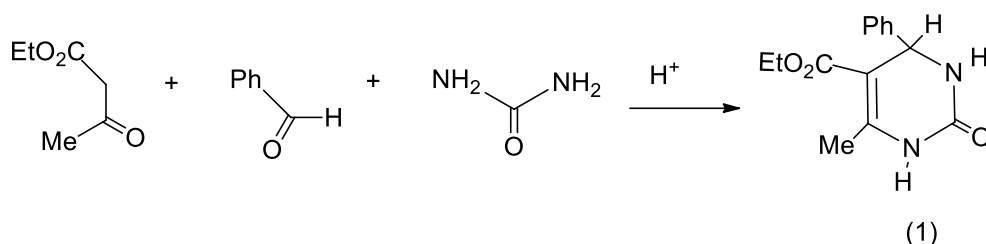
Trimethylchlorosilane, which is an effective promoter and water-condensing agent, was used for the first time in cyclocondensation reactions with substituted ureas and thioureas. By varying the solvent, ratio of reagents, temperature and reaction time, 100% conversion was achieved for the model compounds. The optimal conditions for the reaction were: reaction temperature 20°C, dimethylformamide solvent, reaction time 48 hours, presence of 4 equivalents of Me₃SiCl. The use of Me₃SiCl made it possible to introduce a wide range of aromatic and heterocyclic aldehydes, mono- and disubstituted ureas and thioureas into the reaction.

CF₃-β-diketones were used for the first time in cyclocondensation reactions as bifunctional reagents. The DMF/TMSCl system was used.

Keywords: CF₃-β-diketones, trimethylhalosilanes, benzaldehyde, acetoethyl acetate, phenylurea, phenylthiourea.

Introduction.

At the end of the 19th century, the synthesis of 3,4-dihydropyrimidin-2-(1H)-ones of the general formula (1) was carried out by the method of condensation of aromatic aldehyde, urea and acetoacetic ester [1].



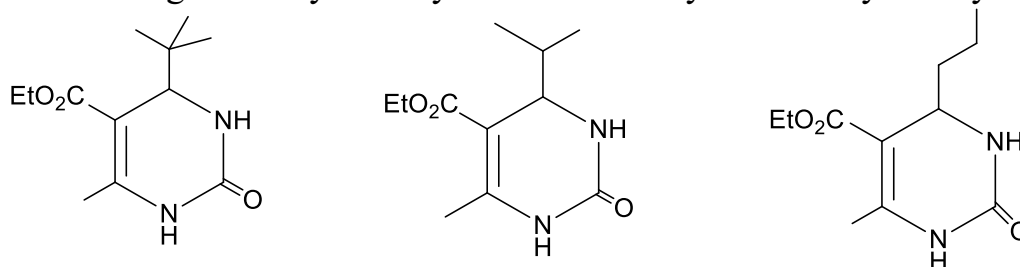
This reaction is currently undergoing a new stage of development. It was found that 6-methyl-4-phenyl-2-oxo-1,2,3,4-tetrahydropyrimidine ethyl carboxylate is formed during the condensation of acetoacetic ester with urea and benzaldehyde. An identical product can be obtained: a) by the interaction of benzaldehyde with β-

carbamidocrotonic ester, b) by the reaction of benzylidene diureide with acetoacetic ester, c) by condensation of α -benzalacetoacetate with urea. These countersyntheses unambiguously proved the structure of 6-methyl-4-phenyl-2-oxo-1,2,3,4-tetrahydropyrimidine ethyl carboxylate. The next article devoted to this cyclocondensation was published only in 1929 [2]. In the early 1930s, attention was paid to this reaction by Folkes, Hartwood, and Johnson [3]. They proposed a modified method of its implementation, thanks to which it was possible to expand the range of reagents and increase product yields.

In the following years, until the end of the 30s, only about a dozen publications on this topic were published. With the development of pharmaceutical chemistry, interest in tetrahydropyrimidine derivatives began to grow. Reviews were published [4-6]. The number of articles since the beginning of the 70s has reached over a hundred.

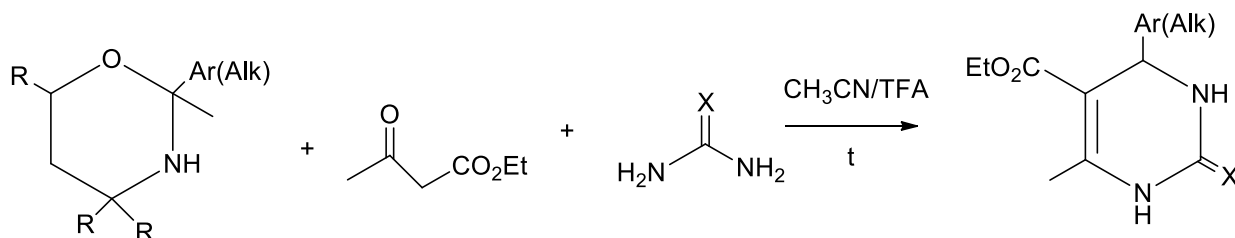
The fact that the reaction is three-component makes it possible to vary the structure of its products. So as a methylene carbonyl component derivatives of β -ketocarboxylic acids, β -diketones, α -nitro-, α -aryl- and some α -heteryl ketones and aldehydes were used. Aldehydes are aromatic and heteroaromatic, some aliphatic. Substituted and unsubstituted ureas, thioureas, and guanidines were introduced into the reaction.

For the reaction with aliphatic aldehydes, cyclocondensation products were obtained with significantly lower yields than for aryl and heterylaldehydes [8]:



For this reason, modified methods were developed. Two modifications of the cyclocondensation reaction are widespread: using "hidden carbonyl equivalents" and Etwell's modification [9].

The idea of using substances in the reaction, which in the reaction medium would give an aldehyde, which later participates in condensation, was implemented in the work [43, 44], where 2-substituted 1,3-oxazinans were used:

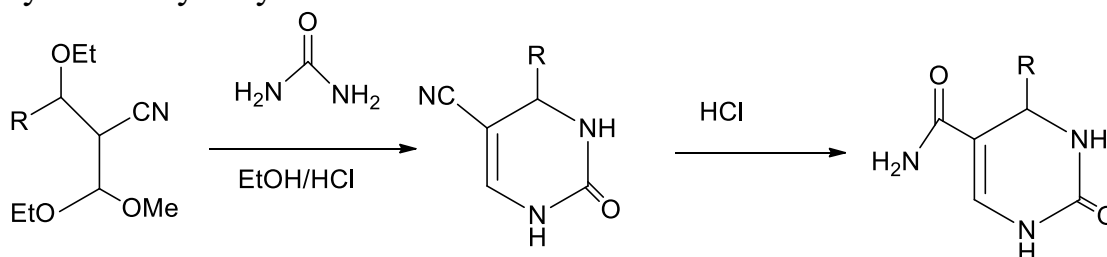


To introduce guanidines into the reaction, as well as to obtain O- or S-alkylated 1,4-dihydropyrimidines, it is convenient to use the modification proposed by Etwell [9]. In this method, the previously obtained benzylidene- β -ketoester adds guanidine according to Michael, followed by cyclization to 1,4-dihydropyrimidine. It is proposed

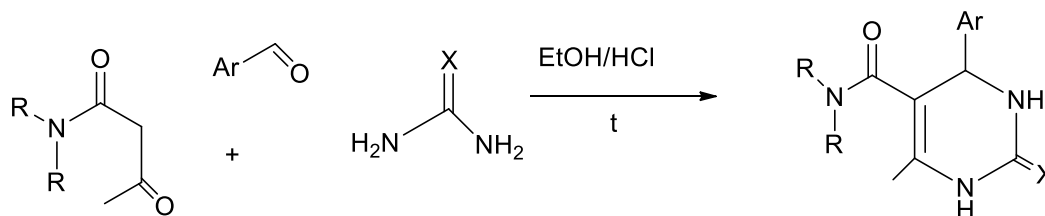
to use the method for electron-deficient aldehydes, cyclohexylcarbaldehyde and some others.

The best results were obtained in the presence of boron trifluoride [45], polyphosphoric ether [11], lanthanide compounds LaCl_3 [12], $\text{Yb}(\text{OTf})_3$ [13], lithium bromide [14], under conditions of microwave irradiation [15] and the so-called "solvent-free" reaction conditions (using a mixture of acidic or basic $\text{Yb}(\text{III})$ -modified polymers and a solid acid catalyst [16]) in the presence of ionic liquids, such as 1-n-butyl-3-methylimidazole tetrafluoroborate or its hexafluorophosphate [17].

Choosing an effective catalyst allows you to significantly increase yields. So, for example, for 2-bromo-4-nitrobenzaldehyde, the yield according to the standard method is close to 20%. The use of ytterbium triflate allows to increase it to 52% [13]. The work [18] reported on the synthesis of tetrahydropyrimidine-5-carboxylic acid amide by nitrile hydrolysis:



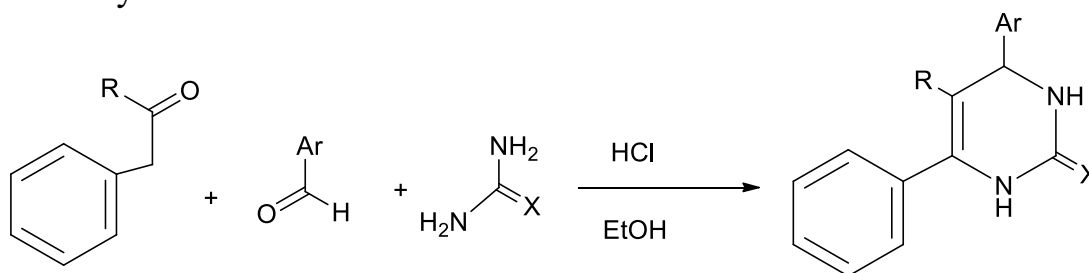
But already in [19.] examples of syntheses with amides of β -keto acids as methylene carbonyl components are given:



$X = \text{O}, \text{S}; R = \text{Me}, \text{pyrrolidine}, \text{morpholine}$

The yields of acid derivatives are quite high.

The possibility of using α -arylcarbonyl compounds in cyclocondensations was shown in an early work [21] using the example of acetophenone and phenylacetaldehyde:



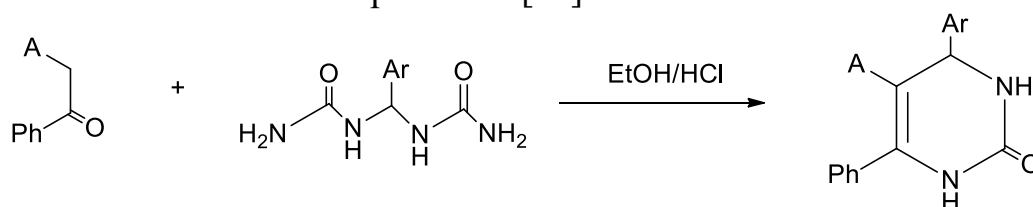
$R = \text{H}, \text{CH}_3$

Variation of aromatic substituents logically led to the use of α -heteraryl carbonyl compounds as methylene carbonyl components.

Under the conditions of catalysis by alcoholic HCl, a mixture of products was obtained, which could not be separated. After optimizing the reaction conditions, the solvent, temperature, and ratio of reagents were selected. Cyclocondensation was carried out in acetic acid at 50°C. The molar ratio of aldehyde, phenacylbenzothiazole, and urea was 1:1.1:3. In this way, a yield of 72-97% was achieved.

The resulting cyclocondensation products are subjected to further functionalization. Thus, in [23], a convenient method for the synthesis of N(3)-ethoxycarbonyl-3,4-dihydropyrimidin-(1H)-2-one was developed, which consists in its acylation with a mixture of thionyl chloride and carboxylic acid.

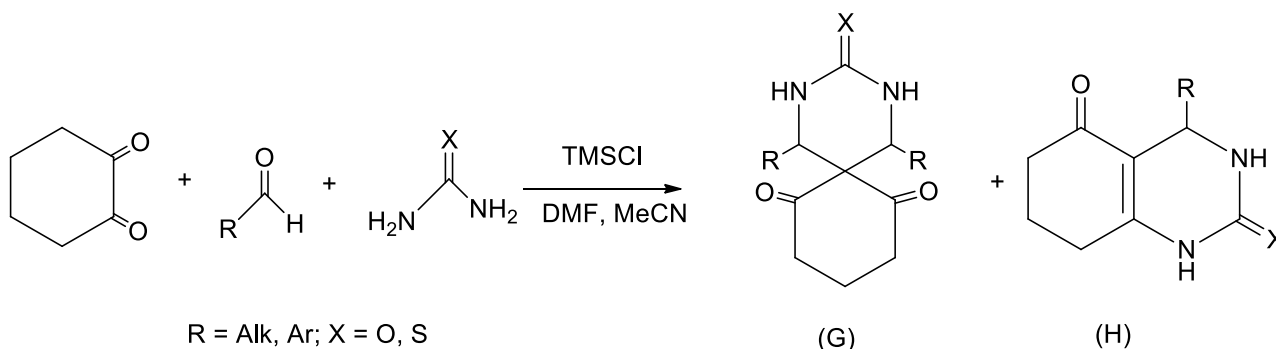
The use of functionalized acetophenones [21]:



In work [28] it was shown that high yields of 3,4-dihydropyrimidin-2-(1H)-ones (76-97%) can be obtained using TMSCl in a mixture of MeCN-DMF (2:1) based on various aromatic, aliphatic and α,β -unsaturated aldehydes, ureas and thioureas, acetylacetone and acetoacetic ester.

p-Fluorobenzaldehyde under similar conditions gives a mixture of products (B) and (C) in the ratio 87:13.

Condensation of 1,3-cyclohexanedione with urea or thiourea in the presence of TMSCl as a Lewis acid in a mixture of DMF/MeCN (1:2) leads to the formation of the corresponding heterobicyclic (G) and spirocondensed (H) compounds in high yields [30]:



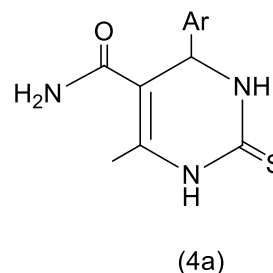
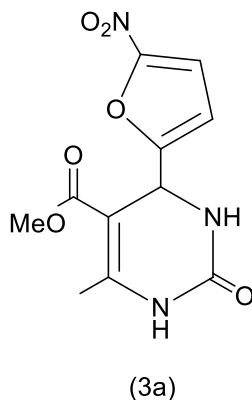
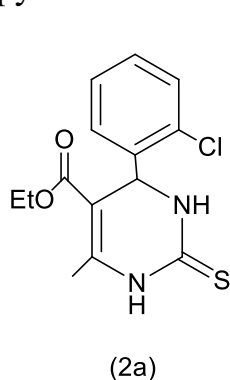
At the same time, benzaldehyde and para-substituted aromatic aldehydes give a mixture of two compounds with a predominant content of the spiro product, while ortho- and meta-substituted aromatic aldehydes and aliphatic aldehydes react under similar conditions with the selective formation of octahydroquinazolinones.

Similarly, a series of octahydroquinazolinones (H) was obtained as a result of a one-step three-component condensation starting from dimedone, of aromatic aldehydes and ureas in the presence of TMSCl when boiling in a mixture of MeCN/DMF (1:4) [31].

Other silicon derivatives can be used as condensing agents in the reaction. So TMSI, generated from TMSCl and NaI, was successfully used for the cyclization of aromatic, aliphatic, heterocyclic, and α,β -unsaturated aldehydes, ureas, and a β -dicarbonyl compound (acetylacetone or acetoacetic ester) into dihydropyrimidin-2-(1H)-ones [28].

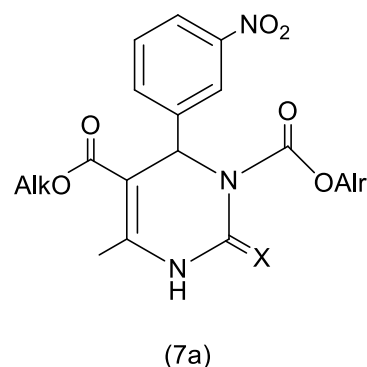
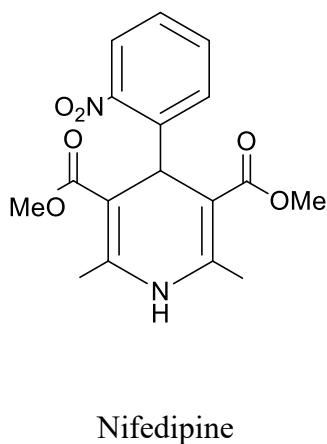
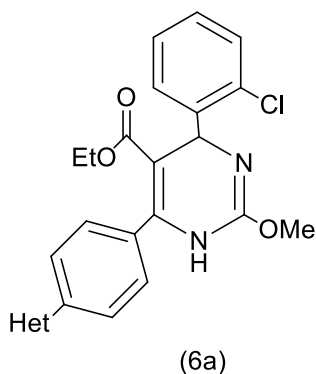
As it turned out, TMSOTf is an effective catalyst for the condensation reaction and leads to the formation of the corresponding products with yields of 80-95% [32].

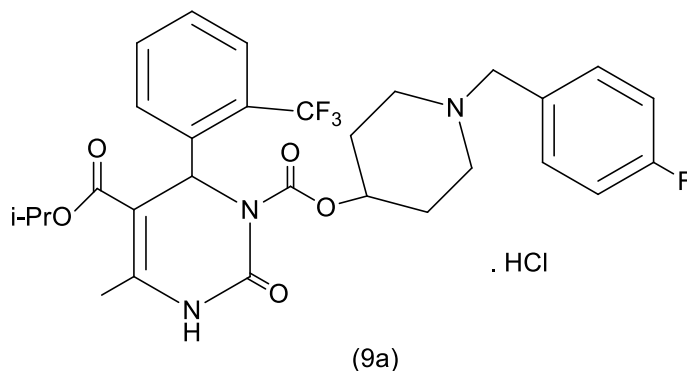
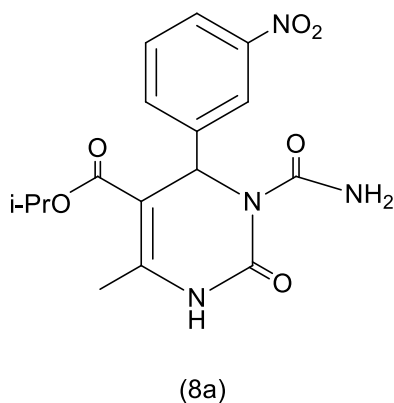
Tetrahydropyrimidines (THP) have a wide spectrum of physiological activity. In the 1930s, their simplest representatives, for example (2a), were patented as insecticides [33]. Later, the effective antiviral drug nitracin (3a) was discovered [34]. Tetrahydropyrimidines manifest themselves as antitumor agents [35].



Compounds of type (4a) have antipyretic properties and are anticoagulants [37].

However, THPs are most interesting as antihypertensive agents, for example, analogues of nifedipine (6a) and (7a) [38, 39]. Particularly active in this area are the disputes substituted by the provision of N-3: (8a) and (9a) [40].





The ability of dihydropyrimidines to block calcium ion channels is described. 1,4-Dihydropyrimidines (nifedipine, nitrendipine, nimodipine, amlodipine, lacidipine, felodipine, nicardipine, isradipine, etc.) are antagonists of L-type calcium antagonists.

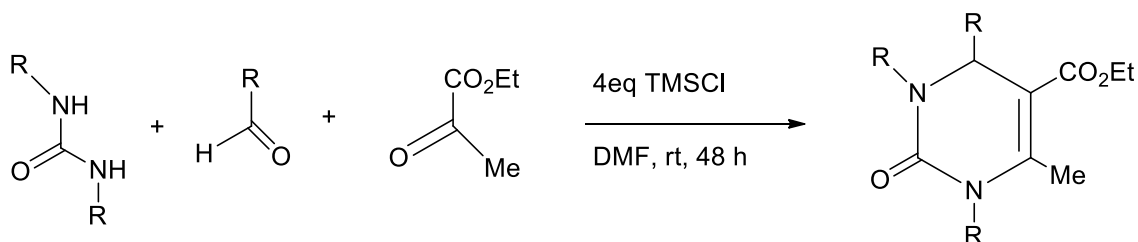
The action of these drugs is focused on lowering blood pressure. Due to this, some of them act as sedatives and are medicines for optic nerve dysfunction.

Known derivatives of the 4-oxopyrimidine series containing heterocyclic substituents, namely: imidazole, pyridine, thiazole, which have antihistaminic activity.

The purpose of this work was to obtain and study the products of the heterocyclization reaction using trimethylhalosilanes and CF₃-β-diketones, to study the effect of substituents on the reaction direction of the latter, and to optimize the synthesis method.

Discussion of results.

In the synthesis, halosilanes with such halogens as chlorine, bromine, and iodine were used. Me₃SiI was synthesized in situ from Me₃SiCl and NaI in DMF.



Cyclocondensation reaction using halosilanes

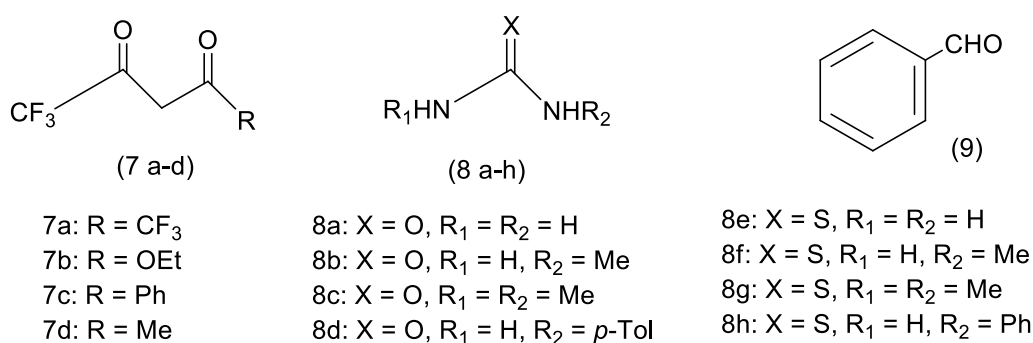
Me₃SiCl has previously been shown to be an effective promoter and dewatering agent in various condensations. It was decided to try it as a condensing reagent and in cyclocondensation reactions with various substituted ureas and thioureas. Benzaldehyde, acetoethyl acetate, phenylurea and phenylthiourea were used to develop the technique. By varying the solvent, ratio of reagents, temperature and reaction time, 100% conversion was achieved for the model compounds. The use of Me₃SiBr and Me₃SiI does not give any advantage over Me₃SiCl. The optimal conditions for the reaction were: reaction temperature 20°C, dimethylformamide solvent, reaction time 48 hours, presence of 4 equivalents of Me₃SiCl.

The use of Me₃SiCl made it possible to introduce a wide range of aromatic and heterocyclic aldehydes, mono- and disubstituted ureas and thioureas into the reaction.

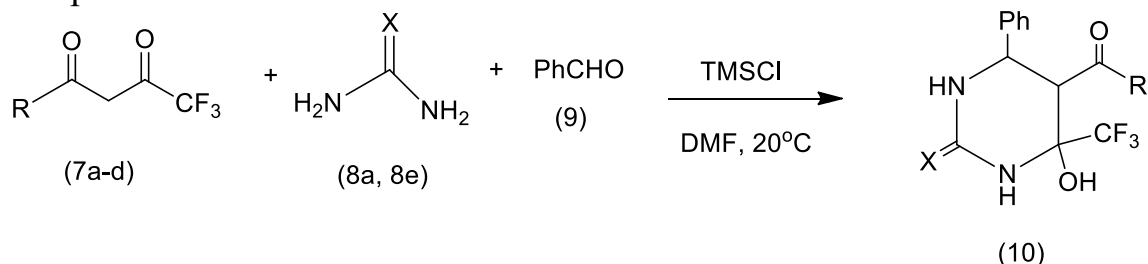
It was also possible to use spatially hindered ureas and thioureas, aromatic aldehydes with donor and acceptor substituents in the 2 and 6 positions. At the same time, alkylaryl and diarylureas and thioureas turned out to be unreactive.

β -Diketones take part in cyclocondensation reactions as bifunctional reagents. At the same time, there is no information on the participation of CF_3 - β -diketones in such reactions in the literature, although the presence of a pharmacophore fluorine atom could give the reaction products new physiologically active properties.

The DMF/TMSCl system was used. CF_3 - β -diketones (7a-d), ureas and thioureas (8a-h), and benzaldehyde (9) were selected as model compounds:



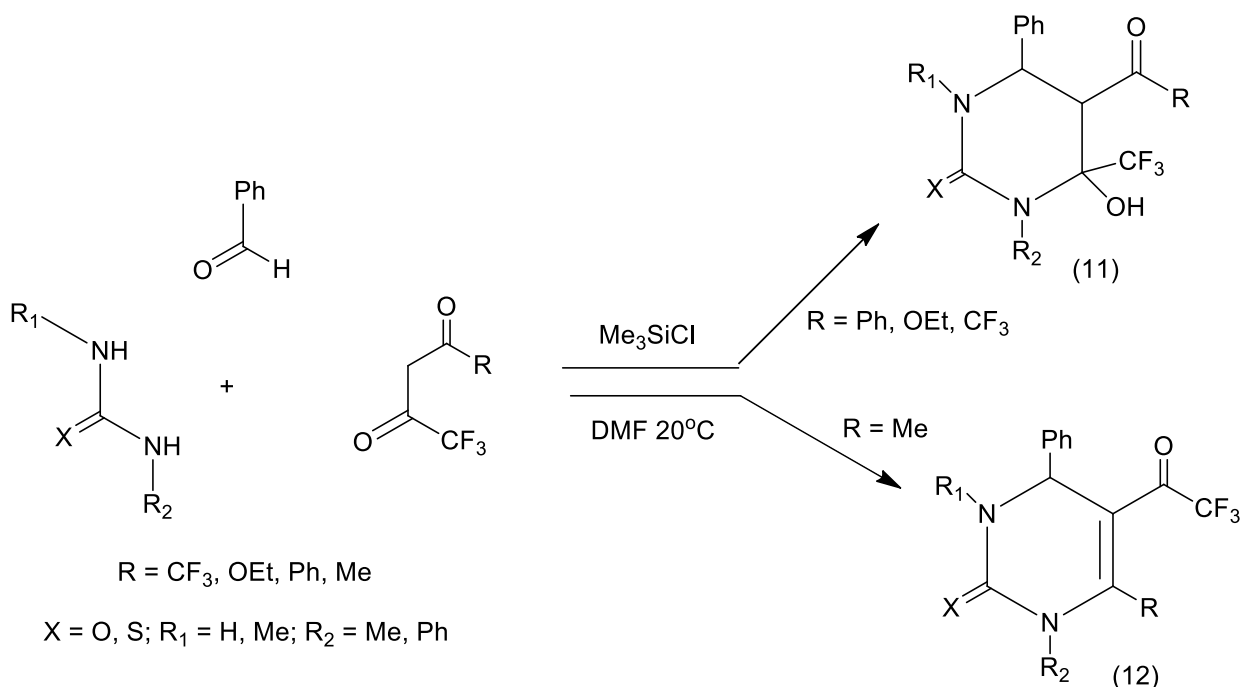
Optimized conditions were used for the reaction:



First, unsubstituted ureas and thioureas (8a, 8e) were introduced into the reaction. as a result, hydroxy derivatives (10) were isolated.

When transitioning to substituted ureas and thioureas, a very interesting dependence of the behavior of the diketone (7a-d) on the nature of the R substituents was observed.

In the case of R= Ph, OEt, CF_3 the formation of compounds of type (11) was observed. However, when going to R = Me (7d), the regioselectivity was reversed with the formation of cyclization products (12) on the other carbonyl group.



Behavior of CF_3 - β -diketones in the heterocyclization reaction

Conclusions.

As a result of the work carried out, a method for using trimethylchlorosilane for the cyclocondensation reactions of substituted ureas and thioureas was developed and optimized. It was possible to achieve quantitative yields of the target products.

For the first time, CF_3 - β -diketones were introduced into the cyclocondensation reaction, which, due to the presence of the pharmacoformal CF_3 group, can be potentially physiologically active substrates.

Reference

1. Ueber Aldehyd uramide des Acetessigäthers, Biginelli P. Berichte 1891, 24, I, 1317-1319.
2. Hinkel T., Hey G., Rec. trav. chim. 1929, 48, 1280.
3. Researches in Pyrimidines CXXX. Synthesis of 2-Keto-1,2,3,4-tetrahydropyrimidines, Foikers K., Harwood H. J., Johnson T. B. JACS 1932, 54, 3751-3758.
4. Review: Kappe C. O. Eur. J. Med. Chem. 2000, 335, 1043-1053.
5. Recent Advance in the Biginelli Dihydropyrimidines Synthesis. New Trick from an Old Dog. Rappe C.O. Acc. Chem. Res. 2000, 33, 879-888.
6. 100 Years of the Biginelli Dihydropyrimidine Synthesis. Kappe C. O. Tetrahedron 1993, 49, 6937-6963.
7. Über Heterocyclen. 12. Mitt.: Zur Bromierung der 2-Oxo-6-methyltetrahydropyrimidine. Zigeuner G., Hamberger H., Blaschke H., Sterk H. Monatsh. Chem. 1966, 97, 1408-1421.
8. Substituted 1,4-Dihydropyrimidines. 3. Synthesis of Selectively Functionalized 2-Hetero-1,4-dihydropyrimidines. Atwal K. S., Rovnyak G.C., O'Reilly B. c., Schwartz J. J. Org. Chem. 1989, 54, 5898-5907.

9. Polyphosphate Ester-Mediated Synthesis of Dihydropyrimidines. Improved Conditions for the Biginelly Reaction. Kappe C. O., Falsone S.F. *Synth. Lett.* 1998, 7, 718.
10. Lanthanide Triflate Catalyzed One-Pot Synthesis of Dihydropyrimidin-2(1H)-thiones by a Three-Component Reaction of 1,3-Dicarbonyl Compounds, Aldehydes and Thiourea Using a Solvent-Free Biginelli Condensation. L. Wang, C.Qian, H. Tian, Y. Ma. *Synth. Commun.* 2003, 33, 9, 1459-1468.
11. One-Pot Synthesis of Dihydropyrimidines Catalyzed by Lithium Bromide: An improved Procedure for the Biginelly Reaction. G. Maiti, P. Kundu, C. Guin. *Tetr. Lett.* 2003, 44, 13, 2757-2758.
12. Cyclic Ketones and substituted α -Keto Acids as alternative Substrates for Novel Biginelli-like scaffold Synthesis. S. Martinez, M. Meseguer, L. Casas, E. Rodrigues, E. Molins, M. Moreno-Manas, A. Roig, M. Sebastian, A. Vallribera. *Tetr. Lett.* 2003, 44, 24, 4559-4562.
13. Improved Synthesis of Some Ethyl-4-aryl-6-methyl-1,2,3,4-tetrahydropyrimidine-2-one/thione-5-carboxylates by Microwave Irradiation. Gupta R., Gupta A. K., Paul S., Kachroo P. L., *Indian J. Chem.* 1995, 34B, p. 151.
14. A revision of the Biginelli reaction under solid acid catalysis. Solvent-free synthesis of dihydropyrimidines over montmorillonite KSF. F. Bigi, S. Carloni, B. Frullanti, R. Maggi, G. Sartori. *Tetr. Lett.* 1999, 40, 17, 3465-3467.
15. Ionic liquids catalyzed Biginelli reaction under solvent-free conditions. J. Peng, Y. Deng. *Tetr. Lett.* 2001, 42, 34, 5917-5919.
16. Takimazawa A., Kentaro H., Sato Y., Tori K. *Chem. Pharm. Bull.* 1963, 29, 1740.
17. Über Tetrahydro-6-methyl-bzw. 6-phenyl-2-oxopirimidin-5-carbonsäuren und ihre Derivate. Xigeuner G., Knopp C., Blashke H. *Monatsh. Chem.* 1976, 107, 587.
18. Researches on Pyrimidines. CXXXIV. The Reaction of Phenylacetaldehyde and Acetophenone with Urea. Folkers K., Johnson T. B. *J. Am. Chem. Soc.* 1933, 55, 3361.
19. Получение и спектральные свойства N(3)-ацилпроизводных 6-метил-4-фенил-5-этоксикарбонил-3,4-дигидропиримидин-(1H)-2-она. М. А. Колосов, В. Д. Орлов. *Вісник Харківського Національного університету.* 2005, № 669, вип. 13(36), 39-42.
20. One-Pot Synthesis of Dihydropyrimidines Using Iodotrimethylsilane. Facile and New improved Protocol for the Reaction at Room Temperature. Sabita G. Kumar Reddy G. S. K., Reddy Ch. S., Yadav J. S. *Synlett* 2003, 6, 858.
21. Zhu Yu., Pan Yu., Huang Sh. Trimethylsilyl chloride: a facile and efficient reagent for one-pot synthesis of 3,4-dihydropyrimidin-2(1H)-ones. *Synth. Comm.* 2004, 34, 17, 3167-3174.
22. Zhu Yu., Huang Sh., Pan Yu. Highly chemoselective multicomponent Biginelli-type condensations of cycloalkanones, urea or thiourea and aldehydes. *Eur. J. Org. Chem.* 2005, 2354-2367.
23. Zhu Yu., Pan Yu., Huang Sh. Chemoselective multicomponent condensation of 1,3-cyclohexanedione, urea or thiourea with aldehydes: one-pot synthesis of two

families of fused heterobicyclic and spiro-fused heterobicyclic aliphatic rings. *Heterocycles* 2005, 65, 1, 113-142.

24. Kantevari S., Bantu R., Nagarapu L. TMSCl mediated highly efficient one-pot synthesis of octahydroquinazolinone and 1,8-dioxo-octahydroxanthene derivatives. *ARClVOC*. 2006, 16, 136-148.

25. Bose D. S., Kumar R. K., Fatima L. A remarkable rate acceleration of the one-pot three-component cyclocondensation reaction at room temperature: an expedient synthesis of kinesin Eg5 inhibitor monastrol. *Synlett* 2004, 2, 279-282.

26. Hentrich W., Schepss W. (I. G. Farbenind.) D.R.P. 1930, 547,057. *Fortschr. Teerfarbenfab. Verw. Industriezweige* (Friedländer E. Ed.) 1932, 25, 2590-2591.

27. Hurst E. W., Hull R. J. *Med. Pharm. Chem.* 1961, 3, 215-229.

28. Kato T. *Japn. Kokai Tokkyo Koho JP* 1984, 49, 190, 974, 29 Oct. 1984. *Chem. Abstr.* 1985, 102.

29. Cooper K. (Pfizer Ltd.) *PCT Int. Appl. WO* 1990, 11,281 *Chem. Abstr.* 1991, 114.

30. Dihydropyrimidine Calcium Channel Blockers. 3. 3-Carbamoyl-4-aryl-1,2,3,4-tetrahydro-6-methyl-5-pyrimidinecarboxylic Acid Esters as orally effective antihypertensive Agents. Atwal K., Swanson B. N., Unger S. E., Floyd D. M., Moreland S., Hedberg F., O'Reilly B. C. *J. Med. Chem.* 1991, 34, 806-811.

31. Rovnyak G. C., Atwal K. S., Hedberg A., Kimball S. D., Moreland S., Gougoutas J. Z., Schwartz J., Smillie K. M., Malley M. F. *J. Med. Chem.* 1992, 35, 3254-3263.

32. Dihydropyridine Calcium Channel Blockers. 2. 3-Substituted-4-aryl-1,4-dihydro-6-methyl-5-pyrimidine carboxylic Acid Esters as potent Mimics of Dihydropyridines. Atwal K. S., Rovnyak D. C., Kimball S. D., Floyd D. M., Moreland S., Swanson B. N., Gougoutas J. Z., Schwartz J., Smillie K. M., Malley M. F. *J. Med. Chem.* 1990, 33, 2629-2635.

33. An expedient Protocol of the Biginelli Dihydropyrimidine Synthesis Using Carbonyl Equivalents. Singh K., Singh J. Deb P. K., Singh H. *Tetrahedron* 1999, 55, 12873-12880.

34. Ashby J., Griffiths D. J. *Chem. Soc. Perkin Trans. 1* 1975, 657-662.

35. Unprecedented catalytic Three Component One-Pot Condensation Reaction: An efficient Synthesis of 5-Alkoxycarbonyl-4-aryl-3,4-dihydropyrimidin-2(1H)-ones. Hu E. H., Silder D. R., Dolling Ulf-H. *J. Org. Chem.* 1998, 63, 3454.

VISION-BASED OBJECT TRACKING AND GRASPING WITH KALMAN FILTER PREDICTION AND EYE-IN- HAND REFINEMENT FOR ROBOTIC MANIPULATION

Krechivska Eleonora,

Student

Lviv Polytechnic National University

Introduction. Modern robotic manipulation systems require accurate perception and prediction of object motion in dynamic environments. One of the primary challenges is dealing with noisy sensor data and the inherent uncertainty of visual detection pipelines, especially when objects are in continuous motion on conveyor systems.

The Kalman filter is a well-established recursive algorithm for estimating the state of a dynamic system from a sequence of noisy measurements. Operating through alternating prediction and update stages, it provides optimal state estimation under linear-Gaussian assumptions and is widely applied in robotics for real-time object tracking [1, 2].

However, state estimation alone is insufficient when robotic grasping must account for motion planning delays and gripper approach time. Moreover, a single overhead camera provides limited accuracy near the grasp point due to occlusion and perspective distortion. Eye-in-hand refinement — using a secondary camera mounted on the gripper — can provide precise corrections during the final approach phase [3].

The purpose of this work is to develop and experimentally evaluate a dual-camera robotic grasping system that combines Kalman filter-based motion prediction with eye-in-hand sub-pixel refinement for picking moving objects from a conveyor belt in a simulated environment.

Methodology. The proposed system integrates three main subsystems: (1) object detection and localisation using computer vision, (2) motion tracking and prediction using a Kalman filter, and (3) robotic grasp execution with 6-DOF inverse kinematics and eye-in-hand refinement.

Object detection. Coloured cubes (red, green, blue) are detected by a static overhead RGB camera using HSV colour segmentation. Contour analysis with minimum area rectangle fitting provides the pixel-space centre, orientation, and bounding area. The 2D pixel coordinates are projected to 3D world coordinates using a pinhole camera model with known intrinsics and extrinsics, assuming a fixed table-plane height $Z = 0.82$ m.

Kalman filter tracking. Each detected cube is assigned a persistent track managed by a track association module (nearest-neighbour with gating). The motion along the conveyor axis (Y) is modelled by a 1D constant-velocity Kalman filter with state vector $x = [y, v_y]^T$. The process noise is modelled with a piecewise-constant acceleration model ($q_{accel} = 0.1$ m/s²). A configurable measurement noise parameter σ_{meas} (default 3 mm) controls the observation covariance $R = \sigma^2$. A normalised innovation squared

(NIS) gating mechanism (threshold 6σ) rejects outlier measurements after the filter has accumulated at least three updates.

Eye-in-hand refinement. A secondary RGBD camera is mounted on the gripper. During the approach and grasp phases, this camera provides refined 3D pose estimates of the target cube. Sub-pixel corner localisation (*cv2.cornerSubPix*) improves the centroid accuracy. Depth is sampled as the median of a 5×5 pixel patch for robustness against per-pixel noise. The refined offset is applied as an exponential moving average correction ($\alpha = 0.6$) to the Kalman-predicted position, clamped to ± 25 mm. A minimum of 3 refinement hits within 0.8 s is required before the correction is used (refined lock).

Inverse kinematics and grasp control. A 6-DOF inverse kinematics solver based on the damped least-squares method with a numerical 6×7 Jacobian computes joint configurations for the 7-DOF Franka Emika Panda arm. The solver uses a nullspace projection term to bias toward a nominal joint configuration, with position tolerance of 1–2 mm and orientation tolerance of 0.03 rad. During the grasp, the controller continuously re-solves IK to track the moving cube, closing the gripper while simultaneously following the target trajectory.

Experimental Setup. The system was evaluated in a Gazebo Harmonic simulation environment with ROS 2 Jazzy (Fig. 1). Coloured cubes (0.04 m side) travel on a conveyor belt moving in the negative Y direction. The Panda manipulator is mounted at a fixed base position (0.20, 0.0, 0.70) m in the world frame. The overhead camera is positioned at (0.63, -1.55, 1.51) m providing a top-down view of the workspace zone $x \in [0.58, 0.69]$, $y \in [-0.55, -0.40]$ m.

Two configurations were evaluated: a baseline system using only the overhead camera and Kalman prediction (coarse-only), and an improved system with the additional eye-in-hand refinement module. Measurement noise injection ($\sigma = 0$ to 10 mm) was used to assess robustness. Ground-truth cube positions were obtained directly from the Gazebo physics engine for accuracy evaluation. A total of 54 grasp attempts were recorded across all configurations, with error metrics computed as the Euclidean distance between the gripper tip (from forward kinematics) and the ground-truth cube position at the moment of grasp.

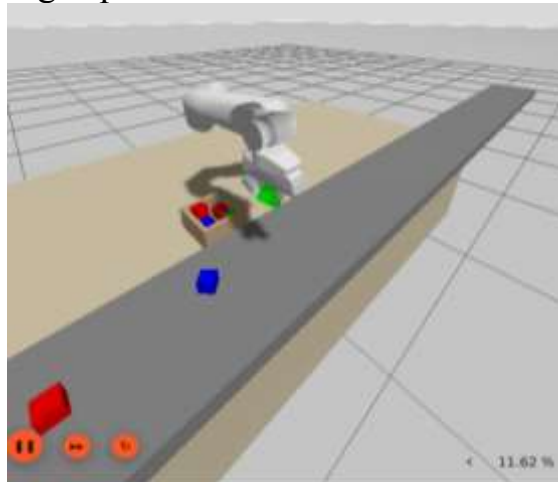


Figure 1. Object grasping process by Franka Emika Panda in Gazebo environment.

Results.

The aggregated experimental results are summarised in Table 1.

Table 1.

Grasp accuracy metrics across all experiments

Metric	Value
Total grasp attempts	54
Success rate (%)	87.0
Mean error XYZ, successful grasps (mm)	14.2
Mean error XYZ, failed grasps (mm)	49.8
Mean error XYZ, all grasps (mm)	18.7
Mean detection-to-grasp time (s)	8.4
Refined lock acquisition rate (%)	79.6

Successful grasps (error < 30 mm at grasp moment, confirmed by ground truth) demonstrated a mean 3D positioning error of 14.2 mm, while failed attempts averaged 49.8 mm. The dominant error component was along the Y-axis (conveyor direction), consistent with residual prediction uncertainty in the Kalman filter’s velocity estimate. The eye-in-hand refinement module achieved lock (at least 3 valid corrections within 0.8 s) in 79.6% of approaches, contributing average corrections of 4–8 mm in both X and Y.

Under injected measurement noise of $\sigma = 5$ mm, the success rate decreased to 81.5%, and at $\sigma = 10$ mm it dropped to 72.2%, confirming the system’s sensitivity to sensor noise and validating the Kalman filter’s role in noise rejection.

Discussion.

The experimental results confirm the effectiveness of combining Kalman filter prediction with eye-in-hand refinement for grasping moving objects. The Kalman filter provides stable long-range prediction that accounts for motion planning and gripper approach delays (typically 1.5–2.5 s from detection to grasp), while the refinement module corrects residual errors during the final 0.8–1.0 s of the approach.

Several limitations were observed. First, the success rate is sensitive to large initial positioning errors, particularly when the overhead camera’s projection introduces systematic bias. Second, the constant-velocity motion model does not capture conveyor speed variations or cube slippage, which can lead to prediction drift over longer horizons. Third, the refined lock was not always achieved in time, especially for cubes

at the edge of the work zone where the gripper camera's field of view provides fewer frames before the grasp point.

These results are consistent with existing literature on Kalman filtering for real-time estimation in robotic systems [1, 4]. The dual-camera architecture demonstrates that the combination of coarse global tracking with fine local refinement is a practical approach to handling the accuracy–speed trade-off inherent in conveyor pick-and-place applications.

Conclusion.

This paper presented a vision-based robotic grasping system that combines Kalman filter-based tracking with eye-in-hand sub-pixel refinement for picking moving objects from a conveyor belt. The system achieved an 87% grasp success rate with a mean positioning error of 14.2 mm for successful grasps across 54 experimental trials in simulation. The eye-in-hand refinement module contributed measurable accuracy improvements, achieving lock in approximately 80% of approaches.

Future research will expand the object dataset from simple geometric primitives to items with complex shapes to evaluate the robustness of YOLOv8 detection. Efforts will focus on improving the grasp success rate by developing adaptive motion planning strategies that better account for dynamic object displacement and variable conveyor speeds. Finally, the system will transition from the simulation to physical experiments with a real Franka Emika Panda manipulator to validate the algorithmic performance in a real-world environment.

References:

1. Welch, G. & Bishop, G. An Introduction to the Kalman Filter. University of North Carolina at Chapel Hill, TR 95-041, 2006.
2. Bar-Shalom, Y., Li, X. R. & Kirubarajan, T. Estimation with Applications to Tracking and Navigation. John Wiley & Sons, 2001.
3. Kragic, D. & Christensen, H. I. Survey on Visual Servoing for Manipulation. Computational Vision and Active Perception Laboratory, 2002.
4. Corke, P. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in Python. 3rd ed., Springer, 2023.

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR PREDICTING EMPLOYEE TURNOVER USING MACHINE LEARNING METHODS

Kryvenko Oleksii,

Postgraduate student
Kyiv National Economic University

In the contemporary dynamic business environment of 2026, employee turnover has ceased to be a purely administrative issue, transforming into a critical financial challenge for the global economy. According to the latest Gallup reports, global losses due to low engagement and employee resignations reach a staggering figure of \$10 trillion annually. The economic feasibility of retaining specialists becomes evident when analyzing the hiring cost structure: replacing an entry-level employee costs a company between 30% and 50% of their annual salary, while the loss of a niche specialist or a top manager can lead to damages ranging from 200% to 400% of their annual income. Beyond direct recruiting costs, which average \$4,700 per vacancy, businesses incur hidden losses from position downtime, which for middle-management roles can reach \$500 per day [1, 2].

Under these circumstances, the use of artificial intelligence is becoming a strategic necessity, as traditional HR analytics methods based on surveys demonstrate limited accuracy (approximately 60%) and are reactive in nature. The implementation of machine learning models allows for increasing forecast accuracy to 85–90%, providing the opportunity to act proactively. AI is capable of identifying latent behavioral patterns, such as the correlation between overtime frequency and declining productivity, which enables management to develop individualized retention plans even before an employee decides to resign. This transforms the HR department from a cost center into a unit that directly influences company profitability by minimizing the "cost of error." [3, 4].

The technical implementation of such an intelligent system is most effectively based on the combination of the XGBoost algorithm and the SHAP interpretation tool. The choice of XGBoost (Extreme Gradient Boosting) is driven by its exceptional ability to handle structured data and its resilience to imbalanced datasets, which are characteristic of personnel archives. However, in the HR sphere, it is critically important not only to obtain a forecast but also to understand its underlying causes to avoid bias and ensure ethical decision-making. This is where SHAP (SHapley Additive exPlanations) comes to the rescue, decomposing every model prediction. It visualizes how specific factors—such as salary levels, tenure at the company, or the number of successfully completed projects—influenced the final turnover risk score for each individual employee [5].

The overall workflow of the implemented approach is illustrated below:

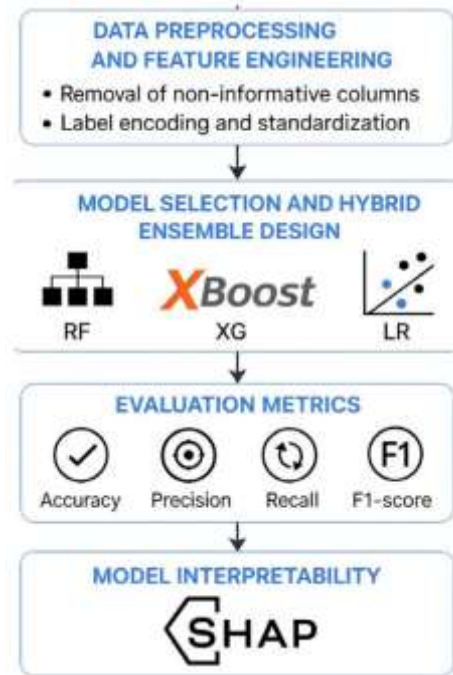


Figure 1. Architecture of the development and interpretation process for the employee turnover prediction model.

Source of the figure: Reprinted from "A Hybrid Predictive Model for Employee Turnover" by M. I. Alyousef et al., 2026, Information [5].

Consequently, the integration of predictive models into human resource management processes allows for the transformation of intuitive management into a precise science. The pairing of XGBoost and SHAP ensures not only high predictive accuracy but also the transparency of algorithmic decisions, which is a key factor for making informed managerial moves. Ultimately, this approach enables companies to preserve their primary asset—intellectual capital—while simultaneously ensuring significant financial savings and stable development in a competitive environment.

References:

1. Gallup. (2026). State of the Global Workplace: 2026 Report. Gallup. <https://www.gallup.com/workplace/349484/state-of-the-global-workplace.aspx> (accessed: 22.04.2026)
2. Emapta. (2026). 20+ Employee Retention Statistics You Need to Know in 2026. Emapta Blog. <https://emapta.com/blog/employee-retention-statistics/> (accessed: 22.04.2026)
3. Novoresume. (2026). 108 Employee Turnover Statistics & Trends [2026 Update]. Novoresume Career Blog. <https://novoresume.com/career-blog/employee-turnover-statistics> (accessed: 22.04.2026).
4. Staffing Future. (2026). The 2026 Business Case for Predictive Hiring Analytics. Staffing Future Insights. <https://www.staffingfuture.com/the-2026-business-case-for-predictive-hiring-analytics/> (accessed: 22.04.2026).

5. Alyousef, M. I., Khan, H. W., & Sattar, M. U. (2026). A Hybrid Predictive Model for Employee Turnover: Integrating Ensemble Learning and Feature-Driven Insights from IBM HR Analytics. MDPI: Information. <https://www.mdpi.com/2078-2489/17/2/208> (accessed: 22.04.2026)

ANALYTICAL INVESTIGATION OF PARTICLE MIGRATION AND DEPOSITION MECHANISMS IN CLEANROOMS EQUIPPED WITH DISPLACEMENT VENTILATION

Burda Yurii,
PhD, Associate Professor

Introductions. Displacement ventilation in cleanroom environments has become an increasingly important research direction because contaminant transport depends strongly on the interaction between buoyancy-driven air movement, vertical thermal gradients, and local particle release mechanisms. In [1], a combined analytical, numerical, and experimental investigation demonstrated how micro-porous air supply panels alter internal airflow organization and directly influence pollutant spreading patterns under different ventilation arrangements. The study showed that even minor variations in supply configuration modify vertical transport pathways and local stagnation regions, which are decisive for contamination control in cleanroom conditions.

The practical relevance of these airflow mechanisms is closely related to the broader problem of engineering reliability in ventilation systems. In [2], attention was given to quality control in heat, gas supply, and ventilation infrastructure, where operational stability and energy efficiency were considered as interconnected requirements for sustainable building performance. These principles are directly applicable to cleanroom ventilation, where airflow precision must be maintained under strict environmental constraints.

The energy dimension of controlled air distribution is equally significant. In [3], building operation strategies integrating energy management and certification practices were examined, emphasizing that ventilation design must simultaneously satisfy environmental control targets and resource-efficiency criteria. Such an approach is especially relevant for displacement ventilation because low-velocity air supply regimes require accurate balancing between thermal loads and airflow stability.

Recent computational analysis has expanded understanding of displacement ventilation beyond classical airflow evaluation. In [4], a multi-criteria computational study compared displacement, mixing, and stratified air distribution, revealing that displacement ventilation provides favorable contaminant removal under specific thermal and occupancy conditions, although its effectiveness depends on maintaining stable vertical stratification without excessive mixing.

Particle behavior near floor level remains one of the most critical unresolved issues for cleanroom applications. In [5], experimental research showed that floor-supplied displacement airflow can induce secondary resuspension of previously deposited particles, especially when local shear stresses exceed the retention threshold of fine particulate matter. This finding is particularly important for cleanrooms, where

secondary contamination may compromise controlled environments even when primary filtration remains effective.

A further source of contamination originates from internal human activity. In [6], dynamic particle emission generated by occupant movement in biological cleanrooms was quantified, demonstrating that transient releases strongly disturb local concentration fields and interact with the vertical transport structure created by displacement ventilation. The analyzed literature therefore confirms that effective particle control in cleanrooms requires simultaneous investigation of airflow architecture, thermal stratification, floor-level resuspension, and transient internal emission sources.

Aim. The aim of this study is to analytically investigate particle migration and deposition mechanisms in cleanrooms equipped with displacement ventilation, with particular attention to the interaction between vertical airflow structure, thermal stratification, and contaminant transport processes.

Materials and methods. The analytical framework applied in this study is based on the physical interpretation of particle transport in a vertically stratified air environment typical for cleanrooms operating with displacement ventilation. The methodological approach considers the interaction between low-velocity supplied air, thermally induced upward motion, and the inertial response of suspended particles under the influence of gravity. The model is formulated for steady indoor operating conditions in which contaminant transport is determined by local velocity gradients and density differences between the particle phase and the surrounding air. The selected mathematical relationships describe the dominant mechanisms governing particle displacement, vertical settling, and deposition probability near internal surfaces.

The vertical migration velocity of a suspended particle under combined aerodynamic and gravitational influence is expressed as:

$$v_p = v_a + \frac{d_p^2 \cdot (p_p - p_a) \cdot g}{18 \cdot \mu} \quad (1)$$

where: v_p is the resulting particle velocity, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;
 v_a is the local upward air velocity, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;
 d_p is particle diameter, m ;
 p_p is particle material density, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
 p_a is air density, $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
 g is gravitational acceleration, $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$;
 μ is dynamic air viscosity, $\text{Pa} \cdot \text{s}$.

This expression characterizes the balance between upward convective transport generated by displacement airflow and downward settling caused by density difference. When the upward air component becomes smaller than the settling contribution, particles gradually migrate toward lower zones of the cleanroom.

The influence of thermal stratification on local air motion is introduced through the buoyancy-driven velocity component:

$$v_b = (g \cdot H \cdot \beta \Delta T)^{0.5} \quad (2)$$

where: v_b is characteristic buoyancy-induced velocity, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;

H is vertical distance between supply level and thermal plume development zone, m ;

β is thermal expansion coefficient of air, K^{-1} ;

ΔT is temperature difference between lower and upper air layers, K .

This relation reflects the intensity of upward movement generated by internal heat sources, which strongly affects the redistribution of fine particles in displacement-ventilated cleanrooms.

The probability of particle deposition on a cleanroom surface is estimated through the characteristic residence interaction:

$$\eta_d = 1 - \exp\left(-\frac{v_p \cdot t}{L}\right) \quad (3)$$

where: η_d is deposition efficiency, dimensionless;

t is particle residence time in the considered control zone, s ;

L is characteristic transport distance to the deposition surface, m .

This expression allows estimation of how transport duration and particle migration velocity influence the fraction of contaminants removed from the air stream before reaching critical working zones. Together, these equations form a simplified analytical basis for evaluating particle behavior under displacement ventilation conditions in cleanroom applications.

Results and discussion. For analytical evaluation of particle behavior in cleanrooms equipped with displacement ventilation, it is necessary to quantify how variations in thermal and aerodynamic conditions alter the balance between upward transport and gravitational settling. Under practical operating conditions, particle motion cannot be interpreted solely through nominal air supply velocity, because local thermal plumes generated by equipment and occupants continuously modify the internal vertical flow structure. Even under low inlet velocities, thermal stratification creates additional upward momentum that affects both residence time and deposition probability. Consequently, the same particulate fraction may exhibit different migration trajectories depending on temperature gradients and the distance to nearby surfaces.

A comparative calculation based on representative cleanroom operating parameters allows the identification of conditions under which particle removal remains effective and conditions where deposition becomes dominant. Four characteristic regimes were

selected to represent realistic combinations of supply airflow intensity, thermal gradient, and particle size typically encountered in controlled environments. The selected cases correspond to fine suspended particles with diameters within the critical contamination range for clean manufacturing processes.

Table 1.

Analytical evaluation of particle transport and deposition characteristics under
displacement ventilation conditions

Particle diameter, d_p (m)	Temperature difference, ΔT (K)	Resulting particle velocity, v_p (m·s ⁻¹)	Deposition efficiency, η_d
$2.0 \cdot 10^{-6}$	2	0.031	0.18
$4.0 \cdot 10^{-6}$	3	0.027	0.26
$6.0 \cdot 10^{-6}$	4	0.021	0.39
$8.0 \cdot 10^{-6}$	5	0.015	0.54

The calculated values indicate a clear shift in transport behavior as particle diameter increases. For the smallest particles, upward air motion remains sufficiently strong to maintain suspension over longer residence periods, which leads to relatively low deposition probability. As particle size increases, gravitational contribution becomes progressively more influential, reducing the effective upward transport velocity even under intensified thermal stratification.

The strongest deposition tendency appears for particles with diameter $8.0 \cdot 10^{-6}$, where the calculated efficiency exceeds 0.50 despite the highest thermal gradient among the considered cases. This confirms that thermal uplift alone cannot fully compensate for increased particle inertia. Intermediate fractions demonstrate transitional behavior, where modest changes in temperature difference produce measurable changes in deposition outcome.

The table also demonstrates that increasing thermal gradient improves vertical transport only within a limited particle-size interval. For larger particles, the additional buoyancy-driven component delays deposition but does not prevent it. Therefore, in cleanrooms using displacement ventilation, contamination control depends not only on maintaining thermal stability but also on limiting particle generation in the larger suspended fraction, since these particles exhibit the highest probability of surface accumulation within occupied zones.

Conclusions. The analytical investigation confirms that particle migration in cleanrooms equipped with displacement ventilation is governed by the combined influence of upward convective airflow, thermally induced vertical motion, and gravitational settling, with the relative contribution of each mechanism changing substantially across different particle fractions. The adopted mathematical model demonstrates that even under stable low-velocity supply conditions, thermal stratification does not create uniformly favorable transport conditions for all contaminants, since particle inertia increasingly limits upward displacement as diameter grows.

The calculated results show that fine particles with dimensions close to $2.0 \cdot 10^{-6}$ m remain strongly coupled to the vertical air structure and therefore preserve longer suspension time, which reduces immediate deposition near internal surfaces. As particle diameter increases, the settling component becomes progressively dominant, leading to a measurable decline in resulting transport velocity and a simultaneous increase in deposition efficiency. This trend is clearly reflected in the transition from 0.18 to 0.54 in the calculated deposition indicator across the analyzed parameter range.

The tabulated values also demonstrate that increasing the vertical temperature gradient improves upward transport only within a restricted operational interval. Additional buoyancy generated by thermal differences partially compensates gravitational motion for intermediate particles, but this effect becomes insufficient when particle size approaches the upper contamination range considered in the model. Under such conditions, even intensified thermal uplift cannot fully prevent downward migration toward floor-level or equipment-adjacent surfaces.

These findings indicate that displacement ventilation in cleanrooms achieves maximum contamination control only when airflow organization is combined with strict limitation of larger suspended particle generation. From an engineering perspective, maintaining stable thermal layering is necessary but not sufficient; equal attention must be given to local sources of particulate release and to geometric conditions that may shorten particle residence distance to sensitive surfaces. The obtained analytical relationships therefore provide a practical basis for further optimization of cleanroom ventilation regimes aimed at minimizing deposition in critical operational zones.

References:

1. Burda Y. Integrating energy management and certification practices in building design and operation. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Sofia, Bulgaria. 2025. Pp. 8-12 URL: <https://isg-konf.com/the-latest-technologies-implemented-and-teaching-in-universities/>
2. Burda Yuriy, Vanian Artur. Quality Control in Heat, Gas Supply, And Ventilation Systems: Ensuring Energy Efficiency, Reliability, And Sustainability in Construction. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference. Valencia, Spain. 2025. Pp. 62-67 URL: <https://isg-konf.com/technologies-theories-and-developments-modern-scientific-teaching/>
3. Hatif, I. H., Wong, K. Y., Al-Rikabi, I. J., Tan, H., Kek, H. Y., Hawas, M. N., Zhang, M., Zhang, J., & Cai, T. (2025). A multi-criteria CFD investigation of mixing, displacement, and stratum ventilation: Trade-offs between energy efficiency, thermal comfort, and airborne infection control. *Building and Environment*, 289, 114042. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.114042>
4. Yoshihara, J., Yamanaka, T., Kobayashi, T., Yamasawa, H., Kobayashi, N., Nagata, H., & Okamoto, S. (2026). Experimental study on airflow-induced particle resuspension from carpet under floor-supply displacement ventilation. *Building and Environment*, 294, 114360. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2026.114360>

5. Zhang, F., Shiue, A., Fan, Y., Liu, J., Meng, H., Zhang, J., & Leggett, G. (2022). Dynamic emission rates of human activity in biological cleanrooms. *Building and Environment*, 226, 109777. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109777>
6. Zhao, F., Cheng, J., Liu, B., Huang, Z., & Li, X. (2020). Indoor airflow and pollutant spread inside the cleanroom with micro-porous supplying panel and different ventilation schemes: Analytical, numerical and experimental investigations. *Journal of Building Engineering*, 31, 101405. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101405>

РАРИТЕТНІ ЛАНДШАФТИ В МЕЖАХ ЗАХІДНОГО ПОДІЛЛЯ ЯК ОБЄКТИ ПРИРОДНОЇ СПАДЩИНИ

Царик Любомир Петрович,

доктор географічних наук, професор
Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка

Царик Петро Любомирович,

кандидат географічних наук, доцент
Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка

Царик Володимир Любомирович,

магістр екології, аспірант
Тернопільський національний педагогічний університет ім. В.Гнатюка

Серед кількох сотень заповідних територій та об'єктів є десятків таких, які мають особливе наукове, освітнє, пізнавальне і просвітницьке значення. Ці об'єкти заповідають ще з початку ХХ століття, посилюючи з роками природоохоронні режими і змінюючи статус категорій заповідання. До їх дослідження долучились кілька поколінь науковців, що сприяє використанню порівняльних методик наукового пізнання. Такі заповідні території на сьогодні мають статуси природного заповідника або національного природного парку загальнодержавного значення. Вони є центрами генофондів та ценофондів, місцями зосередження унікальних червонокнижних видів рослин і тварин. В межах Західного Поділля такими територіями є долина річки Дністер в межах території НПП «Дністровський каньйон», Товтровий кряж в межах природного заповідника «Медобори».

Виклад основного матеріалу. У 2026 році минає 95 років від часу публікації наукової статті відомого польського геоботаніка Вацлав Гаєвський, присвяченої первинній флорі Дністровського каньйону. Праця під назвою «*Szczątki flory pierwotnej w jarze Dniestru*» була опублікована у виданні «*Ochrona Przyrody. Rocznik 11*» (1931) — органі Громадської ради з охорони природи в Кракові [1].

Публікації передували комплексні геоботанічні експедиційні дослідження, здійснені у 1929–1930 роках у долині Дністер — від околиць м. Заліщики до гирла р. Збруч. Занепокоєння дослідника було зумовлене швидкими темпами деградації наскельно-степової рослинності цієї території, спричиненої розвитком садівництва, виноградарства та інтенсивного випасу худоби.

Особливу увагу природодослідників привернули осередки наскельно-степової флори, що збереглися у важкодоступних місцях схилів каньйону. Ці унікальні ділянки отримали назву дністровських «стінок» і стали важливими об'єктами подальших природоохоронних досліджень (рис.1).



Рис.1. Учасники експедиції на схилах Дністра (архівне фото експедиції «Дністер 1997»)

Дністровський каньйон разом зі степовим Покуттям і Медоборами в той час вважався однією з найбагатших у флористичному відношенні територій. Із загальної кількості видів вищих судинних рослин Середнього Подністров'я (близько 1100) тут зосереджено понад сотню ендемічних і реліктових видів. За рівнем флористичної унікальності цей природний регіон поступається лише Гірському Криму та Українським Карпатам.

Флора Дністровського каньйону поєднує елементи різного географічного походження — карпатські, понтично-центральноазійські, середземноморські та балканські. До крутих схилів південної експозиції приурочені середземноморські види, зокрема кизил, гордовина, скумпія, ясенєць, листовик сколопендровий, клокичка периста та інші.

Степова рослинність представлена формаціями осоки низької, вівсюнця Бессера, ковили волосистої. Саме тут локальними осередками трапляються ефедра двоколоса, мигдаль степовий, спірея польська, горицвіт весняний, мінуарція дністровська, заяча конюшина Шиверека.

У флорі долини Дністра значну частку становлять реліктові види рослин. До них належать, зокрема, шиверекія подільська, молочай мигдалевидний, астрагал еспарцетолистий, змієголовник австрійський, чебрець подільський, ясенєць білий, відкасник осотовидний і відкасник Біберштейна, арум Бессера, вероніка гірська, кадило сарматське, цибуля ведмежа, клокичка периста, таволга середня та інші.

Серед ендемічних видів вирізняються спірея польська, молочай дністровський і волинський, чебрець одягнений, зіновать подільська, волошка східна, самосил паннонський, шавлія зарослева, шоломниця весняна, козельці подільські, юринія дністровська.

Збереження унікальних видів, угруповань рослинного світу, представників рідкісної та ендемічної фауни потребує дієвих форм охорони, належного моніторингу за їх станом і середовищем існування.

Тому, ряд дністровських пам'яток природи і заказників, створених у 30-40-і роки XX століття отримують новий статус у 70-і роки. Зокрема, Жежавський, Обіжевський заказники у 1974 році, а урочище "Криве" у 1978 році отримали статус ботанічних заказників загальнодержавного значення. Урочища "Трубчин" і "Глоди" стали ботанічними пам'ятками природи республіканського значення у 1975 році. У 1977 році створений Придністровський ландшафтний заказник місцевого значення на площі біля 13 тис. га, в який увійшли дністровські "стілки", які раніше не були взяті під охорону. Статус ботанічних пам'яток природи загальнодержавного значення було надано Дзвенигородській та Мельниці-Подільській "стілкам"; Зозулинецькій, Синьківській "стілкам" та урочищу "Криве" нині Чортківського району. Етапи сволуції заповідних об'єктів дністровської долини продемонстровані у табл.1.

Таблиця 1.
Етапи створення заповідних об'єктів в межах дністровських "стінок"
(розроблено авторами)

№ з/п	Назва об'єкту	Етапи заповідання, категорії об'єктів (площа об'єктів, га)			
		1968-1972	1974-1978	з 1990-2010	з 2020
1	Жежавська стінка	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (2,0); Ботанічний заказник місцевого значення (60,0)	Ботанічний заказник загальнодержавного значення (155,0)	Ботанічний заказник загальнодержавного значення (155,0)	Входження дністровських стінок у Національний природний парк «Дністровський каньйон»
2	Заліщицька стінка	-Інформація відсутня	-	-	
3	Обіжевська стінка	Ботанічний заказник місцевого значення (162,0)	Ботанічний заказник загальнодержавного значення (162,0)	Ботанічний заказник загальнодержавного значення (162,0)	
4	Урочище "Криве"	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (6,0) (	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (5,0), Геологічна пам'ятка природи місцевого значення (1,0)	Ботанічний заказник загальнодержавного значення (56,0)	
5	Городоцька стінка	-	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (6,0)	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення 11,4	

EARTH SCIENCES
TECHNOLOGY AS AN EXTENSION OF MAN: THE LIMITS OF THE POSSIBLE AND NEW
PARADIGMS

6.	Зозулинець ка стінка	-	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (1,0), Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (2,4)	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (1,0), Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (2,4)	
7.	Синьківськ а стінка	Ботанічний заказник місцевого значення (8,0)	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (5,0),	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (9,2),	
8.	Колодрібсь ка стінка	Ботанічний заказник місцевого значення (7,0)	Ботанічна пам'ятка природи загальнодержавно го значення (16,0)	Ботанічна пам'ятка природи загальнодержавного значення (16,0)	
9.	Горошовец ька стінка	-	-	-	
10.	Мельницьк а стінка	-	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (5,0),	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (5,0),	
11.	Дзвенигоро дська стінка	-	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (3,0), Геологічна пам'ятка природи місцевого значення (0,15)	Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (3,0), Ботанічна пам'ятка природи місцевого значення (2,0), Геологічна пам'ятка природи місцевого значення (0,15)	
12.	Трубочинськ а стінка	Ботанічний заказник місцевого значення (5,0), Геологічна пам'ятка природи місцевого значення (0,1)	Комплексна пам'ятка природи загальнодержавно го значення (5,0) Геологічна пам'ятка приро-ди місцевого значення (1,0)	Комплексна пам'ятка природи загальнодержавного значення (5,0)	
13	Окопська стінка		Геологічна пам'ятка природи місцевого значення (1,0)	Геологічна пам'ятка природи місцевого значення (1,0)	

Станом на сьогодні унікальні природні ландшафти дністровської долини входять до складу національного природного парку «Дністровський каньйон» з належним режимом охорони і геоecологічним моніторингом [3].



Рис.2. Буковий ліс у ПЗ «Медобори» (фото авторів)

Наступним таким об'єктом з унікальними природними ландшафтами і тривалим періодом вивчення і охорони можна вважати територію нинішнього природного заповідника «Медобори». Проблематика охорони Товтрової гряди порушувалася ще на початку ХХ століття польськими дослідниками. У 1908—1910 рр. Владислав Шафер піднімає питання про охорону природи в Медоборах. Уже в 1910 році з метою збереження моховатково-коралових скель сарматського віку та унікальної подільської степової рослинності було створено степові резервати у володіннях землевласника Федоровича на горах Гостра і Ципель. Володислав (Володимир) Федорович (1845–1917) — визначний галицький землевласник, меценат та громадсько-політичний діяч, який одним із перших на Тернопільщині усвідомив необхідність охорони природи та ініціював створення ботанічних резерватів. У цей же період науково обґрунтовано необхідність організації лісового резервату «Волиця» (нині — Краснянське лісництво). Офіційно резерват проіснував до 1939 року. Стараннями вітчизняних природодослідників у 60-х роках ХХ ст. на нинішній території заповідника було створено ряд заказників місцевого значення, а у 1982 році організований Медобірський державний геологічний заказник площею 8071 га, який у 1990 році увійшов до складу природного заповідника «Медобори».

Природний заповідник «Медобори» — добре відома в Україні та за її межами установа, площею 9516, 7 га. Його територія - це найбільш збережена частина Товтрової гряди, що сформувалася у середньо- та верхньоміоценовий періоди (близько 15-20 млн. років тому) як бар'єрний риф на дні Сарматського

(Галіційського) моря. Одним з ініціаторів створення заповідника був відомий природоохоронець Микола Чайковський [2]. Вже більше тридцяти п'яти років колектив природного заповідника є головним природоохоронцем природи рідного краю.

Список літератури:

1. До 90-річчя праці В. Гаєвського "Szczatki flory pierwotnej w jarze Dniestru. <https://dnistercanyon.pp.ua/index.php/uk/events/novyny/421-do-90-richchia-pratsi-v-haievskoho-szczatki-flory-pierwotnej-w-jarze-dniestru>.
2. Царик Л. Вклад Миколи Чайковського у розвиток заповідної справи України і Тернопілля. Подільські читання: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (23-24 травня 2013 року). Тернопіль: СМП «Тайп», 2013. С.3-5.
3. Царик Л., Царик П., Вітенко І., Царик В.. З історії сучасних досліджень геоекологічних проблем Західного Поділля Наукові записки ТНПУ. Серія географія. Тернопіль: СМП «ТАЙП», 2023, №1. – С.4-12 .DOI <https://doi.org.10.25128|2519-4577.21.2.24>
4. Чайковський М.П. Дністровський каньйон Львів: Каменяр. 1981. 76 с.
5. Gajewski W. Szczatki flory pierwotnej w jarze Dniestru. Ochrona Przyrody, r.11, Krakow, 1931. S. 10-39.

EFFECTS OF GAMIFIED LEARNING STRATEGIES ON ALGEBRA ACHIEVEMENT AND MOTIVATION: A QUASI-EXPERIMENTAL STUDY IN KAZAKHSTAN

Gubasheva Assemgul

2nd year Master's student

SDU University

Kaskelen, Kazakhstan

Abstract

This quasi-experimental study investigated the effects of gamified instruction on algebra achievement and student motivation in two private eighth-grade schools in Kazakhstan. Each school included an experimental group and a control group of 12 students, and achievement and motivation were measured before and after the intervention using two surveys. Data were analyzed using descriptive statistics and the Wilcoxon Signed Rank Test for paired samples. The findings indicated significant gains in algebra achievement and motivation in the experimental groups, while the control groups showed no meaningful change in motivation and only minor improvement in achievement. Overall, the results suggest that gamified learning through ClassDojo can be an effective strategy for improving algebra learning outcomes in the Kazakhstani context.

Keywords: gamification, gamification techniques, algebra, achievement, motivation, ClassDojo

Introduction and Literature Review

Gamification has become an important instructional approach in educational research because it uses game design elements to increase motivation, engagement, and participation in non-game learning environments. Recent evidence suggests that gamification is especially promising in mathematics education. A systematic review and meta-analysis by Ratinho et al. (2026) found a small-to-moderate positive effect of gamification on motivation in mathematics at the secondary and higher education levels, although engagement could not be meta-analyzed because validated measures were not used consistently (Ratinho, 2026).

Earlier reviews also show that gamification research generally reports positive outcomes, but the results remain mixed and depend on context, learner characteristics, and implementation design. Dichev and Dicheva (2017) emphasized that gamification has therefore attracted increasing attention as an instructional strategy for improving motivation, participation, and learning outcomes by incorporating game design elements into educational settings. Koivisto and Hamari (2019) likewise found that points, badges, and leaderboards are among the most common gamification elements, but the research base still lacks coherence in theoretical grounding and measurement.

A growing body of empirical research suggests that gamified learning can also improve academic performance. In a case study of gamified programming activities, Ibáñez, Di Serio, and Delgado Kloos (2014) reported positive effects on student engagement and a moderate improvement in learning outcomes. Smiderle et al. (2020) showed that gamification can affect learning and engagement differently depending on learner characteristics, which means that not all students respond to gamified environments in the same way. As shown in Figure 1, Werbach and Hunter's pyramidal model explains gamification through three levels: components, mechanics, and dynamics. It is a useful framework for understanding how individual game elements can be combined to create a more engaging learning experience.

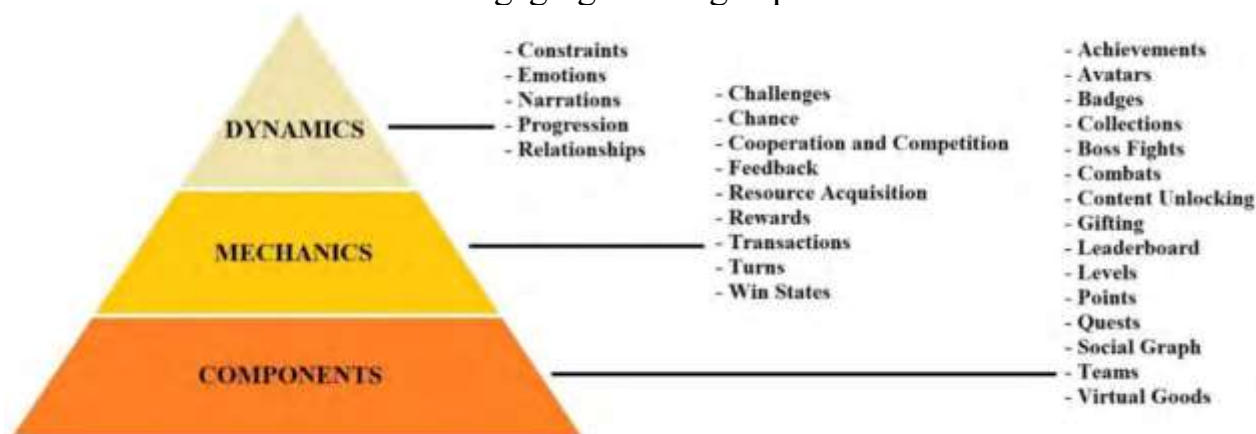


Figure 1. Pyramidal design Model

Source of the figure: Werbach & Hunter (2012).

Evidence from mathematics education further supports the value of gamified or game-based approaches. Fuentes-Cabrera et al. (2020) found that an escape room methodology in mathematics improved achievement, motivation, autonomy, and reduced learning anxiety compared with traditional instruction. More broadly, Wang et al. (2022) reported that digital game-based STEM education had a moderate overall positive effect on learning achievement across 33 studies.

Despite this growing body of research, the impact of gamification on student learning performance in Kazakhstani schools remains underexplored. The present study therefore addresses this gap by examining whether gamified instruction through ClassDojo can improve algebra achievement and motivation among eighth-grade students in Kazakhstan. ClassDojo is one of the most commonly used tools for implementing gamified classroom practices. It allows teachers to monitor student behavior and learning progress while awarding points, badges, and other rewards that support student engagement. The platform is also cost-effective and accessible across multiple devices, which makes it practical for classroom use. The study tests two hypotheses: first, that gamification techniques significantly improve students' achievement in algebra, and second, that they positively affect students' motivation to learn algebra.

Methodology

This study employed a quantitative quasi-experimental design with pretest and posttest measures and comparison groups. The design was selected to examine the effect of gamified instruction delivered through ClassDojo on eighth-grade students' algebra achievement and motivation in Kazakhstan.

The study was conducted in two private schools in Kazakhstan and involved eighth-grade students. Each school included one experimental group and one control group, with 12 students in each group, yielding a total sample of 48 participants.

The intervention lasted four weeks. During this period, students attended 45-minute algebra lessons three times per week, and the instructional content focused on quadratic equations. The experimental groups received gamified instruction through ClassDojo, whereas the control groups continued with traditional instruction.

Before the intervention, all participants completed pretests measuring algebra achievement and motivation. The same instruments were administered again after the intervention to assess changes over time. The gamified learning process incorporated points, badges, rewards, and a leaderboard to encourage participation and engagement throughout the intervention. First of all, researchers identified the rules and reward system on the ClassDojo app based on the gamification elements of (Werbach & Hunter, 2015). Figure 2 illustrates the gamified training process.

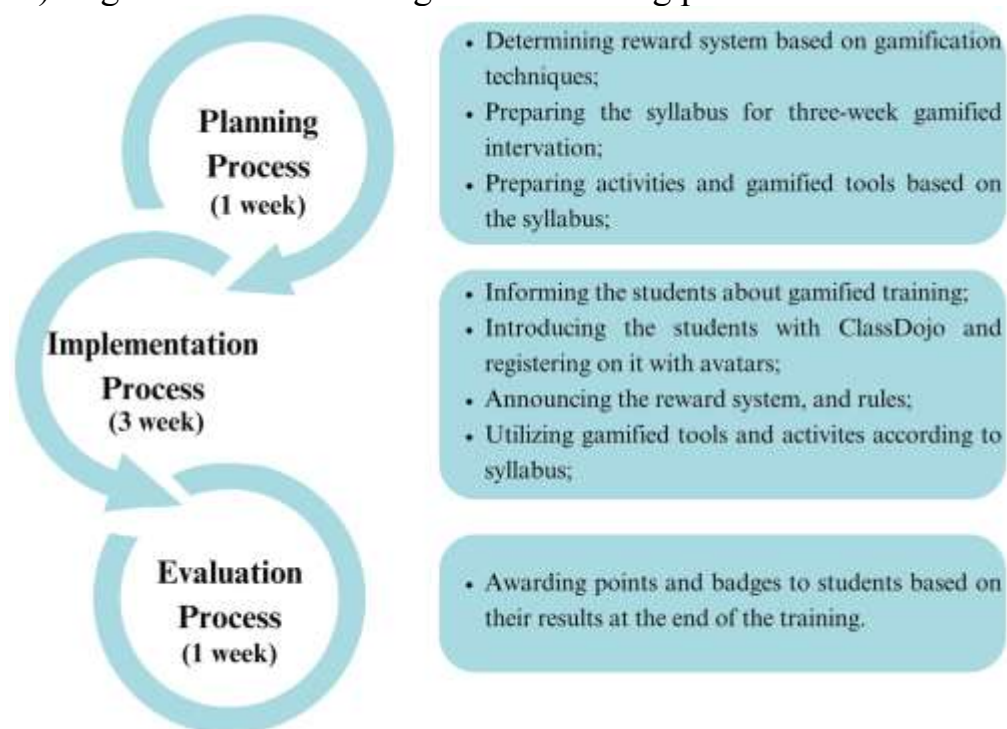


Figure 2. Gamified training process summary

Source of the figure: author's development.

Two surveys were used in the study, one measuring algebra achievement and the other measuring motivation to learn algebra. Both instruments were administered before and after the intervention to evaluate changes in student outcomes.

Data were analyzed using descriptive statistics, including the mean and standard deviation, as well as inferential statistics using the Wilcoxon Signed Rank Test for paired samples. The significance level was set at .05. This approach made it possible to compare pretest and posttest results within each group and determine whether gamification produced measurable changes in achievement and motivation.

Results

Algebra Achievement

Wilcoxon signed-rank analyses showed that the experimental group in the School demonstrated a substantial increase in algebra achievement from pretest to posttest, with the mean score rising from 49.25 to 69.17 as shown in Table 1. This change was statistically significant, $W = 0$, $z = 3.08$, $p = .001$, $r = .89$, indicating a very large effect.

Table 1.

The experimental group results of achievement test scores of the School by the Wilcoxon Signed Rank test

Post-test – Pre-test	N	Rank Mean	Rank Sum	z	p	r
Negative Ranks	0	0	0	3.08	0.001	0.89
Positive Ranks	12	6.5	78			
Ties	0	-	-			
Total	12					

Note. r – effect size, $|r| > .5$ – large effect, $p < 0.05$.

A similar pattern was observed in the Lyceum experimental group, where the mean achievement score increased from 72.67 to 91.00 after the intervention. This improvement was also statistically significant, $W = 0$, $z = 3.06$, $p = .001$, $r = .88$, reflecting a very large effect.

By contrast, the control group in the School showed only a modest increase in achievement, from 73.75 to 79.67, although the Wilcoxon test still indicated a significant difference, $W = 8.5$, $z = 1.94$, $p = .026$, $r = .56$. The Lyceum control group showed only a slight increase from 43.83 to 47.00, and this change was not statistically significant, $W = 31$, $z = 0.63$, $p = .265$, $r = .18$ as highlighted in Table 2.

Table 2.

The control group results of achievement test scores of the Lyceum by the Wilcoxon Signed Rank test

Post-test - Pre-test	N	Rank Mean	Rank Sum	z	p	r
Negative Ranks	5	6.2	31	0.63	0.265	0.18
Positive Ranks	7	6.71	47			
Ties	0	-	-			
Total	12					

Motivation

The experimental group in the School also showed a marked improvement in motivation, with the mean score increasing from 43.83 to 57.83. This change was statistically significant, $W = 0$, $z = 2.94$, $p = .002$, $r = .85$, indicating a very large effect.

The Lyceum experimental group demonstrated a comparable improvement in motivation, with the mean score rising from 46.67 to 59.17 as illustrated in Table 3. The Wilcoxon signed-rank test confirmed that this increase was statistically significant, $W = 7$, $z = 2.51$, $p = .006$, $r = .73$, representing a large effect.

Table 3.

The descriptive statistic of the algebra motivation scores in the Lyceum

	Control		Experimental	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Count	12		12	
Mean	43.08	46.83	46.67	59.17
Median	44	47.5	44	67
Standard Deviation	13.07	10.32	15.23	13.63

In contrast, the School control group showed virtually no change in motivation, with the mean score decreasing slightly from 60.25 to 60.00. This difference was not statistically significant, $W = 17$, $z = 0.14$, $p = .444$, $r = .04$. The Lyceum control group likewise showed only a small increase from 43.08 to 46.83, which was not statistically significant, $W = 15$, $z = 1.60$, $p = .055$, $r = .46$.

Overall, the results indicate that gamified instruction through ClassDojo was associated with higher gains in both algebra achievement and motivation in the experimental groups, whereas the control groups showed limited or non-significant change.

Discussion

The present study showed that gamified instruction delivered through ClassDojo was associated with significant gains in both algebra achievement and motivation among students in the experimental groups, whereas the control groups showed only limited or nonsignificant change. These findings support the study's hypotheses that gamification can improve achievement and motivation in eighth-grade algebra classrooms in Kazakhstan.

The results are consistent with the broader gamification literature, which generally reports positive effects on motivation and learning outcomes, although the strength of those effects varies across contexts and designs. Dichev and Dicheva (2017) argued that gamification is promising but still lacks strong long-term evidence, while Koivisto and Hamari (2019) concluded that research often shows positive outcomes but remains theoretically and methodologically uneven. More recent evidence in mathematics education also indicates that gamification has a positive effect on motivation, particularly when it is designed around students' needs and supported by clear instructional goals (Oliveira et al., 2023).

The improvement observed in the present study is also in line with empirical studies showing that gamified activities can increase engagement and produce gains in learning outcomes. Ibáñez et al. (2014) found positive effects of gamified learning on student engagement and a moderate improvement in learning outcomes, while Fuentes-Cabrera et al. (2020) reported that a gamified mathematics escape room improved achievement, motivation, and autonomy and reduced learning anxiety. In the current study, the use of points, badges, rewards, and a leaderboard in ClassDojo likely helped make students' progress more visible and their participation more rewarding. The strong motivational gains in the experimental groups are also consistent with evidence that gamified learning often works through both extrinsic rewards and increased interest in the learning task.

These findings are particularly relevant because algebra is often experienced as abstract and challenging, which can reduce student confidence and engagement. In this study, gamification appears to have created a more engaging learning environment that supported both performance and motivation in a context where the educational value of gamification has been relatively underexplored. This aligns with the view that gamification may be especially useful when it is applied to demanding subjects and adapted to the local classroom context.

The nonsignificant or minimal changes in the control groups suggest that traditional instruction alone was less effective in producing the same gains over the intervention period. This pattern supports the broader conclusion that gamification is not a universal solution, but its effectiveness depends on how well the game elements fit the subject matter, learners, and instructional setting.

From a practical perspective, the findings suggest that ClassDojo can be a useful and accessible tool for strengthening participation and motivation in secondary mathematics classrooms. The study also suggests that teachers may benefit from combining gamified elements with clear academic goals and consistent feedback, especially in algebra lessons where student motivation is often difficult to sustain.

A limitation of the study is that it involved a relatively small sample and a four-week intervention, which limits the extent to which the findings can be generalized to other settings or interpreted as evidence of long-term impact. Future research should therefore include larger samples, longer interventions, and validated measures of both motivation and engagement to strengthen the evidence base.

Conclusion

This study found that gamified instruction through ClassDojo was associated with meaningful improvements in both algebra achievement and motivation among eighth-grade students in Kazakhstan. The experimental groups showed statistically significant gains with large effect sizes, whereas the control groups showed limited or nonsignificant change.

Overall, the findings support the conclusion that gamification can be an effective instructional strategy for improving algebra learning outcomes in the secondary school context. The study also suggests that gamified learning may help address low engagement and motivation in mathematics classrooms, particularly where algebra is perceived as difficult and abstract.

Although the results are encouraging, the study was limited by its small sample and short intervention period, which means that further research is needed before broad generalizations can be made. Future studies should examine larger samples, longer implementations, and additional educational settings to determine whether the positive effects of gamification are sustained over time.

References:

1. Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying education: What is known, what is believed and what remains uncertain: A critical review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5>
2. Fuentes-Cabrera, A., Parra-González, M. E., López-Belmonte, J., & Segura-Robles, A. (2020). Learning mathematics with emerging methodologies: The escape room as a case study. *Mathematics*, 8(9), Article 1586. <https://doi.org/10.3390/math8091586>
3. Ibáñez, M., Di-Serio, A., & Delgado-Kloos, C. (2014). Gamification for engaging computer science students in learning activities: A case study. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 7(3), 291–301. <https://doi.org/10.1109/TLT.2014.2329293>
4. Koivisto, J., & Hamari, J. (2019). The rise of motivational information systems: A review of gamification research. *International Journal of Information Management*, 45, 191–210. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.013>
5. Oliveira, W., Hamari, J., Shi, L., Toda, A. M., Rodrigues, L., Palomino, P. T., & Isotani, S. (2023). Tailored gamification in education: A literature review and future agenda. *Education and Information Technologies*, 28(1), 373–406. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11122-4>
6. Ratinho, E., Figueiredo, M., Estêvão, D., Faísca, L., & Martins, C. (2026). Gamification on mathematics engagement and motivation in secondary school and higher education: A systematic review and meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 38, Article 16. <https://doi.org/10.1007/s10648-025-10108-1>
7. Smiderle, R., Rigo, S., Marques, L., Coelho, J. A. P. de, & Jaques, P. (2020). The impact of gamification on students' learning, engagement and behavior based on their personality traits. *Smart Learning Environments*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-019-0098-x>
8. Wang, L., Chen, B., Hwang, G.-J., Guan, J., & Wang, Y. (2022). Effects of digital game-based STEM education on students' learning achievement: A meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00344-0>
9. Werbach, K., & Hunter, D. (2015). *The gamification toolkit: Dynamics, mechanics, and components for the win*. University of Pennsylvania Press.

BENEFITS OF TECHNOLOGY FOR STUDENTS' MOTIVATION

Kraiova Olena

senior teacher

National Defence University of Ukraine

Tsybaniuk Tetiana

senior teacher

National Defence University of Ukraine

In the dynamic world of education, where student's attention is always a big handicap, educational technology emerges as an invaluable ally to motivate, engage and enhance the learning process. Student motivation is the driving force that pushes learners to engage with educational content, complete assignments, and pursue academic goals. It's the difference between a student who eagerly participates in class and one who struggles to stay focused. Traditional educational methods often fail to maintain student engagement. Long lectures, repetitive assignments, and one-size-fits-all approaches can quickly drain motivation. This is where technology steps in as a game-changer.

In today's digital age, understanding how technology helps student motivation has become crucial for students, parents, and educators alike. From interactive learning apps to AI-powered study partners, technology is reshaping the educational landscape and making learning more engaging than ever before. It has transformed from an optional enhancement to an essential component of effective learning environments. Educational technology encompasses a diverse array of digital tools, platforms, and resources designed to enhance teaching practices and improve student learning outcomes [1]. Technology has revolutionised the way we work and manage our time. With various productivity tools and applications designed to streamline tasks, users can maximise efficiency like never before. With an abundance of online resources available, technology provides countless opportunities for self-improvement and skill development.

What we can access:

- Online courses and tutorials (e.g., Coursera, Udemy)
- E-books and audiobooks
- Educational podcasts and webinars

Engaging with these resources allows us to acquire new skills at our own pace, whether for personal interest or career advancement. The sense of progress and achievement gained from learning something new can be a tremendous motivator, fostering a growth mindset and encouraging continuous self-improvement. Technology keeps us connected and allows us to build supportive communities, which can be incredibly motivating, especially in challenging times.

What we can use:

- Social media platforms (e.g., LinkedIn, Facebook)
- Online forums and communities (e.g., Reddit, Meetup)
- Collaboration tools (e.g., Zoom, Slack)

By engaging with like-minded individuals and participating in discussions, we can share our struggles and successes, gaining encouragement from others. A strong sense of community fosters accountability and motivation, driving us to pursue our goals alongside supportive peers.

The integration of educational technology represents more than simply digitizing traditional materials or adding computers to classrooms. When implemented with pedagogical purpose and thoughtful planning, digital learning tools can transform educational experiences by providing immediate feedback, adapting to individual learning needs, visualizing complex concepts, and connecting students with resources and opportunities beyond classroom walls. Understanding how to select and implement these tools effectively, while addressing concerns about screen time and digital distractions, creates educational environments that harness technology's benefits while maintaining the essential human components of learning.

Using technology in the classroom offers many benefits for both students and teachers. Today's students are already interested in technology; blending it into lessons can make learning more fun and engaging. It helps students improve knowledge retention and allows for individual learning, catering to different learning styles and abilities. Technology also encourages collaboration, meaning students can work together more easily. Technology provides teachers with valuable resources and tools to enhance traditional teaching methods [2]. Virtual lesson plans, grading software, and online assessments can save time, allowing teachers to focus more on students who need extra help. Technology also helps develop essential life skills in students, preparing them for future success.

So what are the top 6 benefits of using technology in the classroom?

- When technology is integrated into lessons, students are expected to be more interested in the subjects they are studying. Technology provides different opportunities to make learning more fun and enjoyable in terms of teaching same things in new ways. For instance, delivering teaching through gamification, taking students on virtual field trips and using other online learning resources. What is more, technology can encourage a more active participation in the learning process which can be hard to achieve through a traditional lecture environment.

- Students who are engaged and interested in things they are studying, are expected to have a better knowledge retention. As mentioned before, technology can help to encourage active participation in the classroom which also is a very important factor for increased knowledge retention. Different forms of technology can be used to experiment with and decide what works best for students in terms of retaining their knowledge.

- No one learns in the same way because of different learning styles and different abilities. Technology provides great opportunities for making learning more effective for everyone with different needs. For example, students can learn at their own speed, review difficult concepts or skip ahead if they need to. What is more, technology can

provide more opportunities for struggling or disabled students. Access to the Internet gives students access to a broad range of resources to conduct research in different ways, which in turn can increase the engagement.

- Students can practice collaboration skills by getting involved in different online activities. For instance, working on different projects by collaborating with others on forums or by sharing documents on their virtual learning environments. Technology can encourage collaboration with students in the same classroom, same school and even with other classrooms around the world.

- By using technology in the classroom, both teachers and students can develop skills essential for the 21st century. Students can gain the skills they will need to be successful in the future. Modern learning is about collaborating with others, solving complex problems, critical thinking, developing different forms of communication and leadership skills, and improving motivation and productivity. What is more, technology can help develop many practical skills, including creating presentations, learning to differentiate reliable from unreliable sources on the Internet, maintaining proper online etiquette, and writing emails. These are very important skills that can be developed in the classroom [3].

Needless to say that with countless online resources, technology can help improve teaching. Teachers can use different apps or trusted online resources to enhance the traditional ways of teaching and to keep students more engaged. Virtual lesson plans, grading software and online assessments can help teachers save a lot of time. This valuable time can be used for working with students who are struggling. What is more, having virtual learning environments in schools enhances collaboration and knowledge sharing between teachers.

Technology alone does not guarantee that students are motivated [4]. Teachers play a key role in creating a good working environment. Here are some strategies:

1. Personal relationship: Establish a personal connection with your students. Technology can be useful, but the human factor is still essential to build trust and empathy.

2. Variety of content: Alternate between different types of content, such as educational videos, online readings and group discussions. Diversity maintains interest and addresses diverse learning styles.

3. Challenge and reward: Integrate gamification elements into your approach. Challenge and reward achievement, which encourages healthy competition and consistent effort.

4. Effective use of educational technology tools: Take advantage of this to create interactive assessments, and online discussions and track individual progress.

5. Encourage creativity: Use technology to allow students to create their own content. Blogs, multimedia projects and online presentations make them more empowered.

Technology transforms passive learning into active participation. Interactive simulations, virtual labs, and multimedia presentations capture students' attention more effectively than traditional textbooks. When students can manipulate variables in a physics simulation or explore ancient Rome through virtual reality, learning becomes an adventure rather than a chore.

But we shouldn't forget about the challenges of tech-driven learning. The same devices that enable learning can also become sources of distraction [5]. Social media notifications, games, and entertainment content compete for students' attention. Too much screen time can lead to fatigue and reduced motivation. Students need to find the right balance between digital and traditional learning methods. Not all students have equal access to devices and high-speed internet, creating a digital divide that can affect motivation and learning outcomes.

Technology has proven to be a powerful ally in boosting student motivation. It has transformed how students learn and interact with the world around them. However, the success of educational technology depends on thoughtful implementation and a commitment to addressing challenges like the digital divide and distraction. Incorporating technology into your daily life can provide significant motivational benefits, from enhanced productivity and access to learning opportunities to building connections with others. Embracing these tools empowers you to take control of your personal and professional growth, reinforcing your journey toward success. We should remember that technology is most effective when it complements good study habits and clear goals. By combining the right digital tools with consistent effort and strategic planning, we can unlock students' full learning potential and maintain motivation throughout their educational journey.

References

1. Adesope, O., & Rud, A. G. (Eds.). (2018). Contemporary technologies in education: Maximizing student engagement, motivation, and learning. Cham, Switzerland: Palgrave Macmillan.
2. Dale H. Schunk, Judith R. Meece, & Paul R. Pintrich. (2014). Motivation in education: Theory, research, and applications (4th ed.). Boston, MA: Pearson.
3. De Marco, P. (2025). Innovation in education: Empowering educators with technology. Cham, Switzerland: Springer.
4. Khine, M. S. (2024). Motivation and technology. In Motivation Science. Singapore: Springer.
5. Michael Spector, J., M. David Merrill, Jan Elen, & Bishop, M. (2014). Handbook of research on educational communications and technology (4th ed.). New York, NY: Springer.

IDENTIFYING PERCEPTUAL MODALITIES AS A MEANS OF IMPROVING STUDENTS' ACADEMIC PERFORMANCE

Kuzmenko Natalia

Candidate of Pedagogical Sciences

Associate Professor at the Department of Philology and Language Communications

Dniprovsky State Technical University

The relevance of this topic stems from the need to modernize higher education and find new ways to improve the quality of professional training. In the modern pedagogical paradigm, the focus is shifting from the reproductive transmission of knowledge to person-centered learning. Identifying perceptual modalities (the primary channels of information perception) allows for the consideration of students' psychophysiological characteristics, which is a key factor in optimizing the learning process. A mismatch between teaching methods and students' dominant perception modalities (visual, auditory, kinesthetic) often leads to cognitive overload and reduced motivation, which directly correlates with academic performance.

Identifying students' dominant perception type (perceptual modalities) is a strategic approach to optimizing the learning process, based on the VAKD model (Visual, Auditory, Kinesthetic, Digital).

Primary perceptual modalities:

- visual: perception through sight (pictures, diagrams, graphs);
- auditory: perception through hearing (lectures, discussions, sounds);
- kinesthetic: perception through movement, touch, and emotions (hands-on activities);
- digital (discrete): perception through logic, symbols, written language.

Identifying perceptual modalities is the first step in optimizing the learning process. There are a number of strategies and methods that help determine how a learner perceives information.

1. Psychodiagnostic methods (testing)

The most effective method is the use of specialized questionnaires:

- S. Yefremtsev's method ("Diagnosis of Dominant Perceptual Modality"): A test consisting of 48 statements designed to determine which channel (visual, auditory, kinesthetic) is dominant;
- VARK questionnaire (Visual, Aural, Read/Write, Kinesthetic): A classic tool (developed by Neil Fleming) for determining how students learn best, offering four types of responses to situational questions;
- J. O'Connor's method: Identification of representational systems [1].

2. Observation (behavioral analysis)

The instructor can determine the type of perception based on students' behavior during class:

- visual learners: take notes more often, use colored markers, look directly at the instructor, say “I see,” “look”;
- auditory learners: enjoy discussions, are often distracted by sounds, remember things better when heard, say “I hear,” “that sounds good”;
- kinesthetic learners: move around frequently, need breaks, enjoy experiments, remember emotions and sensations.

3. The “Trial Tasks” Method (Experimental Strategy)

The instructor presents the same material in different formats and observes which group of students absorbs the information more quickly:

group A: receives complex diagrams and infographics (visual focus);

group B: listens to a lecture or podcast without visual accompaniment (auditory focus);

group C: performs a practical task, lab work, or builds a model (kinesthetic focus).

4. Analysis of Learning Activities

Note-taking style: visual learners draw diagrams, auditory learners write little or record on a voice recorder, kinesthetic learners jot down only keywords or make chaotic notes.

Reaction to the material: some understand a graph better (visual), while others grasp an oral explanation better (auditory).

5. The Polymodal Learning Strategy (Mix & Match)

Instead of dividing students into groups, the instructor uses a multisensory approach. If, after a lecture on graphs, students ask follow-up questions about the “feel” of the process, this is a sign that there are a significant number of kinesthetic learners in the group [2].

It is rare to encounter a “pure” perception type. For the most part, a person possesses elements of each thinking type, but at the same time, each individual has a dominant perception type. It is this dominant type that is used to classify a person into one of the categories.

Multimodality in learning results from combining two or more of the four VARK modalities – visual (V), auditory (A), reading/writing (R), and kinesthetic (K) – where a combination of these modalities is used instead of focusing on a single dominant method of information acquisition.

A key advantage of multimodal learning is the ability to adapt to different teaching styles and learning materials. Students who can effectively switch between visual, auditory, reading/writing, and kinesthetic learning styles are better prepared to thrive in diverse learning environments. This adaptability not only improves their academic performance but also prepares them for the dynamic demands of the real world, where information is often presented in various formats.

These characteristics of students should be taken into account, as under favorable conditions, the instructor can achieve high academic performance.

Combining students’ individual perceptual characteristics with psychologically and pedagogically sound teaching methods will promote flexibility, interactivity, and a greater intellectual interest in learning.

References:

1. Yekhalov, V. V., Kravets, O. V., Sedinkin, V. A., & Pylypenko, O. V. (2023). Types of information perception among learners in the specialty “Anesthesiology and Intensive Care.” *Emergency Medicine*, 19(3). <https://www.mif-ua.com/archive/article/52797>
2. Cadigan, C. (2024). Multimodal strategies for education. VARK Learn. Retrieved April 22, 2026, from <https://vark-learn.com/multimodal-strategies-for-education/>

THE ROLE OF ART-SCIENCE INTEGRATION IN TEACHING BIOLOGICAL DISCIPLINES

Poleva Julia

Ph.D., Visiting Professor
Florida Institute of Technology,
Melbourne, Florida, USA

The integration of art and science represents an innovative methodological approach in teaching biological disciplines. This paper explores how interdisciplinary practices combining artistic expression and scientific inquiry enhance students' cognitive engagement, creativity, and understanding of complex biological concepts. Drawing on contemporary research in STEAM education, the study highlights the pedagogical value of arts-based methods in fostering systems thinking, improving memory retention, and increasing motivation in biology learning. The paper argues that art - science integration contributes to the development of holistic and flexible thinking essential for modern biological education [1].

Modern biology increasingly requires interdisciplinary approaches, as scientific problems are complex and interconnected. Integrating art helps bridge disciplinary boundaries and supports holistic learning.

Arts-based methods contribute to the development of observation, spatial reasoning, creativity, and scientific imagination - skills essential for biological research and learning [2].

Art-science integration can stimulate curiosity and emotional involvement, making biological content more accessible and engaging for students, especially non-specialists.

Studies show that arts-integrated instruction improves retention of scientific knowledge and supports deeper understanding of complex concepts [3].

Art-based approaches in STEM/STEAM education promote systems thinking, enabling students to perceive biological systems as interconnected structures rather than isolated elements [4].

Despite its benefits, art-science integration faces challenges such as lack of standardized methodologies, limited empirical evidence, and institutional separation of disciplines.

For example, in teaching a course on the "Survey of Science", I incorporated seminar-based approaches that drew upon knowledge from various biological disciplines, including biochemistry, molecular biology, ecology, and climatology [5, 6]. In addition, I encouraged students to imagine themselves as professionals from different artistic fields - such as painting, music, and cultural studies related to nutrition and healthy lifestyles.

This approach was met with great enthusiasm and engagement. As a result, I had the pleasure of reviewing a wide range of creative and insightful student projects, including topics such as "The Ideal Perfume Formula for a Student, Considering

Multiple Influencing Factors,” “Music and the Mood of Nature and Weather Phenomena,” “The Ideal Lunch Menu for a Student,” and “How Great Painters Represented Natural Phenomena and Symbolism in Their Works” [7 - 9]. These and many other examples demonstrated remarkable creativity and intellectual curiosity.

In my view, the integration of in-depth scientific knowledge with students' creative potential yields highly positive outcomes. It not only provides an opportunity for students to express their talents but also stimulates genuine interest in the deeper and more detailed study of science [10 – 12].

Art-science integration is a promising methodological approach in teaching biological disciplines. It enhances creativity, engagement, and interdisciplinary thinking, contributing to more effective and meaningful learning. Further empirical research is needed to evaluate long-term educational outcomes and develop structured implementation strategies.

References

1. Gurnon, D., Voss-Andreae, J., & Stanley, J. (2013). *Integrating Art and Science in Undergraduate Education*. PLoS Biology.
2. Danielson, R. W., et al. (2022). *Facilitating Systems Thinking Through Arts-Based STEM Integration*. Frontiers in Education.
3. Arango-Caro, S., et al. (2025). *The impact of STEAM education on student learning*. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research.
4. J. Poleva Use of bioindication and biotesting in studying of freshwater ecosystems // Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. Berlin, Germany. 2024. pp. 40 – 43.
5. Ju. Poleva, M. Polev Raising student awareness to study and address climate change // The 16th International scientific and practical conference “Innovations in education: problems, prospects and answers to today’s challenges”, Zagreb, Croatia. 2024. pp. 37 – 39.
6. Julia Poleva Features of the process of forming students’ interest in studying biology (2025) //The 8th International scientific and practical conference “Modern pedagogical technologies and innovative methods” (February 25 – 28, 2025) Seville, Spain. International Science Group. 2025. 24 – 27.
7. Julia Poleva Research work as a part of modern teaching technologies //The 5th International scientific and practical conference “Problems of students in universities and new ways of solving them” (February 04–07, 2025) Paris, France. International Science Group. 2025. 15.
8. Julia Poleva Connection of information communication with the ecological installation //The 17th International scientific and practical conference “Trends in the development of science in the digital transformations” (April 29 – May 02, 2025) Milan, Italy. International Science Group. 2025. 46.
9. Poleva J. L., Polev M. D. (2024) «Lace Miracle», lichens as an indicator of the ecological situation using the example of Turkey Creek, Florida. Ecology and noospherology, Oles Honchar Dnipro National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, 35 (1), 66 -71.

10. Julia Poleva Close connection of environmental principles and objectives with agricultural development projects // The 13th International scientific and practical conference “Problems, current state and prospects for business development” (April 01 – 04, 2025) Graz, Austria. International Science Group. 2025. 23 – 25.

11. Poleva Julia L. Aspects of the formation of ecological knowledge and skills for students majoring in ocean engineering, marine science, biomedical and chemical engineering. (2024) XI International Scientific and Practical Conference «Advanced technologies for the implementation of educational initiatives», March 19-22, Boston, USA, 26 – 28.

12. Poleva Ju., M. Polev Factors for the formation of theory and methodology for teaching ecology//The 15th International scientific and practical conference “New knowledge: strategies and technologies for teaching young people” Lisbon, Portugal. International Science Group. 2024. pp. 36 – 41.

CONCEPT AND ESSENCE OF NATIONAL SECURITY OF UKRAINE

Harbuz Serhii

Candidate of technical sciences,
associate professor of the department
National University of Civil Defense of Ukraine

Karpova Daryna

teacher of the department
National University of Civil Defense of Ukraine

Pasynchuk Kyrylo

Candidate of pedagogical sciences,
associate professor of the department
National University of Civil Defense of Ukraine

Myhalenko Oleksii

Candidate of economic sciences,
associate professor of the department
National University of Civil Defense of Ukraine

In the current conditions of the functioning of the State Emergency Service of Ukraine, an important place is occupied by engineering support for the actions of units during the liquidation of the consequences of emergency situations, as well as during martial law. One of the key elements of such support is the installation and overcoming of non-explosive engineering barriers.

Non-explosive barriers are used to restrict access to hazardous areas, protect personnel, contain the consequences of accidents and disasters, and ensure the safe performance of emergency and rescue operations. They can be created both from local materials and using industrial products, which ensures their rapid deployment in conditions of limited time.

The practice of the units of the State Emergency Service of Ukraine indicates the presence of a number of systemic problems in the field of installation and overcoming of non-explosive engineering barriers, which directly affect the effectiveness of performing assigned tasks.

First of all, it should be noted the insufficient level of material and technical support of the units, which is manifested in the limited number of modern engineering equipment, in particular excavators, bulldozers and specialized barrier machines. As a result, it is significantly difficult to perform engineering work in a short time, especially in conditions of large-scale destruction or the need for a quick response.

An equally important problem is the insufficient level of training of personnel for performing engineering work in difficult and dangerous conditions. This includes work in areas of destruction, fires, chemical contamination, as well as under the threat of repeated injuries. The lack of proper practical training and proven algorithms of actions in such conditions leads to a decrease in the efficiency of work and an increase in risks for rescuers.

Special attention should be paid to the problems of organizing interaction between different services and units during the elimination of the consequences of emergencies [2]. In cases of large-scale events, insufficient coordination of actions can lead to duplication of functions, loss of time and irrational use of available resources.

Significant difficulties also arise when overcoming existing obstacles created by hostilities or the destruction of infrastructure. Such blockages often have a complex structure, significant volumes, and require the involvement of powerful engineering equipment, which, in turn, increases the duration of work and the burden on personnel.

The problem of the lack of standard electronic defense equipment on engineering equipment is particularly relevant in modern conditions. Given the active use of unmanned aerial vehicles by the enemy, in particular FPV drones and reconnaissance UAVs, engineering equipment that operates in open terrain and has limited mobility is actually becoming one of the priority targets for destruction.

The lack of electronic countermeasures [3] significantly increases the risk of damage to both the equipment itself and its operators, which forces work to be carried out in a reduced or intermittent mode. This, in turn, negatively affects the overall effectiveness of emergency response, leads to loss or damage to technical equipment, and necessitates the additional involvement of cover forces.

Thus, the combination of these factors indicates the need for comprehensive improvement of approaches to engineering support of the SES units, in particular by increasing the level of technical equipment, improving personnel training, and implementing modern technological solutions aimed at reducing risks in the work area.

Increasing the efficiency of the installation and overcoming of non-explosive engineering barriers is possible through the use of an integrated approach that combines organizational, technical and training measures into a single system of engineering support [1]. Such an approach should be aimed at optimizing the use of available resources, reducing the time for work and reducing risks for the personnel of the State Emergency Service of Ukraine units.

One of the key areas is to improve the material and technical base of engineering service units by equipping them with modern engineering equipment. In particular, the use of excavators allows for effective work on digging ditches and trenches, bulldozers - to form earthen embankments and clear territories, truck cranes - to ensure the installation of concrete and metal structures, and specialized barrier machines - to promptly eliminate blockages and create passages. The presence of such equipment significantly increases the productivity of work and ensures their completion in a short time.

An important aspect is the implementation of rational methods of performing engineering works. In modern conditions, it is advisable to use a mechanized method

as the main one, which provides the greatest efficiency, manual - in cases of limited access or lack of equipment, as well as a combined approach, which combines the advantages of both methods and is the most universal in practice.

The practical implementation of these approaches involves the creation of earthen embankments and ditches to restrict access to dangerous areas, the installation of concrete blocks and metal barriers, the formation of rubble from local materials, as well as the arrangement of temporary barriers directly in the area of the emergency. In turn, overcoming the barriers requires the use of mechanized clearing using excavators and loaders, dismantling structures using hydraulic tools, cutting metal elements, crushing concrete structures, as well as manual dismantling in difficult conditions.

Special attention should be paid to personnel training, which should be carried out through regular practical classes, exercises and drills that are as close as possible to real-world conditions for performing tasks. This approach allows for the formation of sustainable practical skills and increases the readiness of units to act in a complex operational environment.

In the context of the growing threat of the use of unmanned aerial vehicles and high-precision weapons, increasing the survivability of engineering equipment and ensuring the safety of its operators is of particular importance. In this context, a promising direction is the introduction of electronic warfare on engineering equipment. Equipping excavators, bulldozers and other machines with compact electronic warfare systems allows you to reduce the effectiveness of the use of enemy unmanned aerial vehicles, disrupt their control channels and reduce the likelihood of equipment being damaged during work. In addition, the creation of local electronic warfare in the form of a conventional "protective dome" over the work area helps to increase the overall safety of engineering activities.

However, the effectiveness of the use of electronic protection equipment depends on their technical characteristics, in particular, the range of action, frequency range, level of energy consumption, and resistance to external interference, which requires further scientific justification and adaptation to the conditions of use in the SES units.

Another important area of safety improvement is the introduction of remote control technologies for engineering equipment, which allows work to be performed without the direct presence of an operator in a dangerous area. The use of remotely controlled systems significantly reduces the risk to the lives of personnel, creates the possibility of continuous work under shelling conditions, and also allows effective operation in areas of increased danger, in particular in the presence of a mine threat, chemical contamination, or significant destruction.

The installation and overcoming of non-explosive engineering barriers is an important element of engineering support for the SES units when responding to emergencies.

The effectiveness of these tasks is determined by the level of technical equipment, professional training of personnel and proper organization of work. In modern conditions, the ability of units to quickly create obstacles and ensure their operational overcoming is of particular relevance.

The implementation of the proposed measures will contribute to increasing the level of safety, reducing the time for emergency and rescue operations, and reducing risks for personnel.

References:

1. Civil Protection Code of Ukraine.
2. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated January 9, 2014 No. "On Approval of the Regulations on the Unified State System of Civil Protection".
3. Law of Ukraine, version dated 01/24/2026 "On National Security of Ukraine".

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR FERMENTED MILK PRODUCTS USING PLANT ANTIOXIDANTS

Aryngazy Gulden,

master of the first year of the educational program "Food Technology"
S.Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

Bazylkhanova Elmira,

PhD, associate professor
S.Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan

Fermented dairy products occupy an important place in the diet of the population, being sources of microorganisms necessary for the formation of the microbiome and, as a result, the human immune system. One of the most popular fermented milk and probiotic products is yogurt, the range of which is the most widely developed and accessible to the public.

In this regard, the development of the yogurt line is a dynamic process that determines the emergence of new types of products with different characteristics, including low acidity, diverse flavors and new functional properties. Special attention is paid to complex food products, in the system of which both probiotics and functional substances of targeted action are present.

In this context, there is a growing interest in probiotic products enriched with minor biologically active substances, including antioxidant effects. A huge number of biologically active substances of antioxidant action are represented by plant polyphenols: rutin, quercetin, curcumin, taxifolin and others. Most of the listed compounds have been well studied to date, and an extensive list of their biological effects has been established, including normalization of the circulatory system, antiradical properties, and prevention of cardiovascular diseases. [1].

An adequate solution to this problem may be the use of an antioxidant in powder form as a functional food ingredient.

Considering the above, it becomes urgent to search for approaches aimed at a comprehensive solution to the technological problem of obtaining probiotic yogurts enriched with plant antioxidants: preserving the beneficial properties of biologically active substances in combination with the active development of the starter microflora.

Plant antioxidants stand out as promising agents in the fight against diseases associated with oxidative stress in the body due to their improved physico-chemical properties and targeted therapeutic properties [2].

The use of vegetable raw materials in the composition of fermented milk products makes it possible to expand their range, increase their biological value and give the products new functional properties.

Herbal components are a source of vitamins, minerals, dietary fiber, polyphenolic compounds and other biologically active substances that have a beneficial effect on the human body. The inclusion of such components in the formulation of fermented milk products contributes to the formation of products for preventive and functional purposes.

The use of plant components in the technology of fermented milk products is also due to the need to increase the antioxidant activity of the population's diet.

The modern lifestyle is accompanied by the effects of stress factors, polluted environment and an unbalanced diet, which leads to increased oxidative processes in the body. In this regard, the development of food products capable of compensating for the deficiency of natural antioxidants is of particular importance.

Herbal additives in yoghurts provide not only functional properties, but also increase the product's resistance to oxidative damage during storage, which helps preserve the organoleptic and nutritional characteristics of the product throughout its shelf life.

The use of biologically active substances of plant origin makes it possible to create symbiotic products that include probiotic microorganisms and plant components, improving the survival of beneficial bacteria and contributing to the formation of a healthy intestinal microflora [3].

Functional yogurts with plant antioxidants can provide a comprehensive preventive effect, including strengthening the immune system, normalizing metabolism and reducing the risk of chronic diseases. At the same time, herbal additives help to improve the taste and texture characteristics of the product, making it more attractive to consumers.

The use of herbal ingredients in yoghurts also allows us to expand the range of functional products aimed at maintaining health and preventing diseases associated with oxidative stress and vitamin and mineral deficiencies.

Optimizing the yogurt formulation using plant-based antioxidants ensures the creation of a stable product with high biological value, improved texture and long shelf life without loss of beneficial properties.

The production of functional food products is the main global trend in food science and the object of innovative developments. Therefore, along with the traditional approach of the influence of food products on human health, a new direction called functional nutrition has gained momentum in recent years.

Functional nutrition implies the use of such products of natural origin, which, when consumed daily, have a certain regulating effect on the body and contribute to the maintenance and regeneration of the human microbial ecology, primarily the microflora of its gastrointestinal tract.

Foreign studies confirm that fortification of food products with plant components, including phenolic compounds, flavonoids, carotenoids and other natural antioxidants, not only increases their nutritional value, but also improves their technological and functional properties [4].

The introduction of such components helps to enhance the antioxidant activity of the product, slow down the oxidation processes and preserve biologically active substances throughout the shelf life.

Functional products can have a preventive effect on the body, supporting immunity, normalizing metabolic processes and reducing the risk of developing chronic diseases associated with oxidative stress.

References:

1. Ospanova B.K., Tultabayeva T.Ch., Kyrykbaeva Sh.T., Tursinkhanova A.E. The effectiveness of using sea buckthorn fruits as a functional additive in the production of national protein dairy products. [Electronic resource] // Bulletin of the Almaty Technological University. – 2024. – № 4(146). – P. 156–163. – URL: <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2024-4-156-163>
2. Dikhanbayeva F.T., Bazylkhanova E.Ch., Jetpisbayeva B.Sh., Matibayeva A.I. // The role of probiotic starter cultures in the production of dairy products // International scientific and practical conference "Innovative development of the food industry: from idea to implementation". Kazakhstan, Almaty Technological university. 2016, pp. 149-1150
3. Hui Y.H., Evaranuz O., Chandan R.C. Yogurt Handbook of animal-based fermented food and beverage technology. – BocaRaton: CRC Press, 2012
4. Chandan R.C., Kilara A., Shah N.P. Manufacturing yogurt and fermented milks. – Chichester: John Wiley& Sons, 2019

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF COLOR PALETTE FORMATION IN PROTEIN-VITAMIN COCTAILS

Bondar Bogdan

Postgraduate student
Department of Restaurant and Ayurvedic Product Technology
National University of Food Technologies, Ukraine

Niemirich Oleksandra

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department
of Restaurant and Ayurvedic Product Technology
National University of Food Technologies, Ukraine

Polovyk Volodymyr

Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
Department of Restaurant and Ayurvedic Product Technology
National University of Food Technologies, Ukraine

Abstract. The visual appearance of a food product is one of the key factors shaping initial consumer perception and influencing purchasing decisions. For protein-vitamin cocktails, which occupy a distinct niche in the functional food market, color characteristics are of particular importance: they serve not only as an aesthetic indicator but also as an indirect marker of the presence of functional ingredients. Natural colorants derived from plant raw materials are gradually displacing their synthetic counterparts — a trend that accelerated significantly in 2020–2024 against the backdrop of pandemic-driven interest in healthy eating [1, 2]. However, the technological application of natural pigments remains challenging due to their chemical instability in complex matrix systems, especially in the presence of denatured proteins and organic acids.

Research Relevance. Over the past decade, consumer demand for “clean label” products has significantly influenced manufacturers’ approaches to the coloring of functional beverages [1, 3]. The use of synthetic colorants, including tartrazine (E102) and Brilliant Blue FCF (E133), is facing increasingly stringent regulatory restrictions in Ukraine and the EU. EU Regulation No. 1333/2008 requires the labeling “may have an adverse effect on activity and attention in children” for a number of azo dyes, effectively displacing them from the mass-market segment [3, 4]. At the same time, the natural food colorants market is showing steady growth: according to analytical reports, its volume exceeded USD 2.5 billion in 2023, with a projected CAGR of over 7% through 2030 [2].

Protein matrices containing denatured whey or pea protein significantly affect the optical characteristics of the final product through light scattering by aggregated protein particles [5]. It has been established that the size of whey protein aggregates after heat treatment (70–80 °C, 30 min) ranges from 150–400 nm, which corresponds

to the wavelengths of the visible spectrum and gives rise to characteristic opalescent scattering via the Mie mechanism [6]. The absence of a systematic approach to color management in such products necessitates targeted research in this area.

Objective — to determine the technological parameters governing the stability and reproducibility of color characteristics in protein-vitamin cocktails based on natural pigment systems, and to establish the patterns of interaction between colorants and components of the protein matrix during storage.

Materials and Methods. The study was conducted on model cocktail systems with three types of protein base: whey protein concentrate (WPC 80), pea protein isolate, and soy isolate. The protein content in each sample was 30 g per 300 mL of liquid, corresponding to a typical commercial product. The following pigment systems were used: beta-carotene (E160a), copper chlorophyllin (E141), anthocyanins from blueberry extract (E163), and curcumin (E100).

Color characteristics of the samples were determined in the CIE $L^*a^*b^*$ system using a CM-5 spectrophotometer (Konica Minolta) with a $45^\circ/0^\circ$ geometry. Measurements were taken immediately after preparation and after 24 and 72 hours of storage at 4 °C and 22 °C. For quantitative assessment of pigment degradation, the total color difference index ΔE^*_{ab} was used, calculated according to the CIEDE2000 formula. In parallel, the pH of each sample was determined (Mettler Toledo S220 pH meter), viscosity (Brookfield DV2T rotational viscometer), and particle size by dynamic light scattering (DLS, Malvern Zetasizer Nano ZS).

Research Results. It was found that whey protein significantly increases L^* values (lightness) compared to pea and soy isolates, which is associated with a higher proportion of the soluble fraction and smaller aggregate size — a trend confirmed in studies of products with high protein content in the diet [5]. The mean L^* value in the whey matrix was 74.3 ± 1.2 , versus 63.8 ± 1.7 in the pea matrix and 61.4 ± 2.1 in the soy matrix, reflecting differences in the degree of visible light scattering by protein aggregates.

The interaction of anthocyanins with protein proved to be the most pronounced among all pigment systems studied. When anthocyanins were added to the whey matrix, a significant decrease in the intensity of the purple hue was observed (a^* shifted from +18 to +11) compared to control samples without protein. This phenomenon is attributed to non-covalent interaction of anthocyanins with aromatic amino acid residues (phenylalanine, tryptophan, tyrosine) via π – π stacking and hydrophobic contacts [6, 7]. It was confirmed that the formation of “anthocyanin–protein” complexes at protein concentrations above 20 g/L significantly reduces the free concentration of the pigment in solution and, consequently, its spectral absorptivity. Similar interaction mechanisms have been documented in studies of dairy systems with anthocyanins [6].

Among the pigments studied, curcumin exhibited the highest stability in all three matrices at 4 °C storage: loss of color intensity (ΔE^*) over 72 hours did not exceed 2.1 units, which is within the just-noticeable difference threshold (JND, $\Delta E^* \approx 2.3$ by the CIEDE2000 system). At 22 °C, the same parameter increased to 6.8–9.3 depending on the matrix. The photodegradation of curcumin occurs primarily via isomerization of

the trans-form to yield weakly colored products (vanillin, ferulic aldehyde), which necessitates protection from daylight during storage [8].

Copper chlorophyllin (E141) demonstrated the highest thermal stability among all pigments studied and negligible degradation at pH 4.5–6.5, characteristic of flavored cocktails. The replacement of the central Mg^{2+} ion with Cu^{2+} in the chlorophyll structure confers significantly greater resistance to acidic conditions and heat treatment, as the copper ion forms a substantially stronger coordination bond with the tetrapyrrole ring [9]. The ΔE^* value after 72 hours at 22 °C did not exceed 1.8 units, the best result among all pigments in this study.

The inclusion of ascorbic acid (vitamin C) at a concentration of 200 mg/serving significantly slowed the oxidative degradation of beta-carotene: the protective efficiency was approximately 34% compared to samples without ascorbic acid. The protective mechanism operates through preferential oxidation of ascorbate ($E^\circ = +0.08$ V) relative to carotenoids ($E^\circ \approx +0.40$ – 0.60 V), meaning ascorbic acid functions as a sacrificial reductant, regenerating radical intermediates of carotenoids [4]. This effect is consistent with approaches documented in functional beverage technologies using plant-based bioactive ingredients [3, 4].

Analysis of pH effects revealed that anthocyanins exhibit a clear chromatic dependence on medium acidity: as pH decreased from 6.0 to 3.5, the intensity of red color (a^* value) increased from 8.4 to 21.7 due to the transition from the quinoidal form (blue-violet) to the flavylum cationic form (red). This opens the possibility of color adjustment within a single formulation by varying pH through organic acids (citric, malic) without changing pigment concentration [7].

A technological protocol for pigment incorporation was developed: the optimal sequence involves dissolving the colorant in a minimum volume of an appropriate solvent (water or oil depending on pigment polarity), followed by introduction into the protein dispersion at a temperature not exceeding 25 °C with stirring at 250 rpm for 3–5 minutes. Heating above 60 °C during mixing led to irreversible protein aggregation and visible inhomogeneity. For fat-soluble pigments (beta-carotene, curcumin), a particularly effective technique was pre-emulsification in sunflower oil (1:10 by mass) with the addition of 0.5% lecithin (E322), which ensured uniform distribution in the aqueous phase and reduced the rate of oxidative degradation by 18–22%.

Prospective Approaches to Color Stabilization. Beyond ascorbate protection, analysis of current scientific literature identified a number of technological approaches warranting attention in the context of developing stable color systems for protein cocktails. Microencapsulation of pigments in maltodextrin or inulin matrices provides protection against oxidation and can double the stability of beta-carotene and curcumin [8]. Liposomal and nanodisperse pigment delivery represents a promising direction for premium-segment functional beverages; liposomal encapsulation of anthocyanins enhances their stability at neutral pH by isolating the pigment molecule from the aqueous environment [2, 9].

The use of synergistic pigment combinations also offers opportunities for color management: combining copper chlorophyllin with beta-carotene in a 1:3 ratio yields a neutral green-yellow tone perceived by consumers as “natural” and associated with a

fruity or herbal flavor. At the same time, potential antagonistic interactions between components must be considered: in the presence of Fe^{3+} and Cu^{2+} , ascorbate degradation is accelerated via the Fenton mechanism, which may negate its protective effect on carotenoids [4, 10].

Conclusions:

1. The nature of the protein matrix is the key factor determining the final color characteristics of the cocktail: whey protein (WPC 80) provides higher lightness ($L^* = 74.3$), whereas pea and soy isolates reduce pigment brightness through more intense Mie scattering.

2. Anthocyanins undergo the most substantial changes upon interaction with protein via non-covalent binding to aromatic amino acids, requiring an adjustment of the initial colorant concentration by 30–45% to achieve the target color parameter.

3. Storage temperature at 4 °C is critical for curcumin and beta-carotene ($\Delta E^* < 2.1$); deviation to 22 °C causes a colorimetric drift of $\Delta E^* = 6.8\text{--}9.3$, exceeding the threshold of industrial reproducibility.

4. Copper chlorophyllin demonstrates the highest stability in the acidic environment of cocktails (pH 4.5–6.5) due to the coordination stability of Cu^{2+} in the tetrapyrrole ring and can be regarded as the priority green pigment for this product class.

5. Addition of ascorbic acid (200 mg/serving) effectively reduces carotenoid pigment degradation by 34% via a sacrificial oxidation mechanism, serving a dual technological function: vitamin fortification and color stabilization.

6. pH management (3.5–6.0) is an independent tool for color adjustment in anthocyanin systems: lowering pH to 3.5 raises a^* from 8.4 to 21.7 without changing pigment concentration.

7. The developed pigment incorporation protocol, including pre-emulsification of fat-soluble colorants in a lecithin–oil system, ensures color reproducibility within $\Delta E^* < 1.5$ between batches and increases carotenoid stability by 18–22%.

References:

1. Sigurdson G. T., Tang P., Giusti M. M. Natural colorants: food colorants from natural sources. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 8. P. 261–280. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-025923>
2. Martins N., Roriz C. L., Morales P. et al. Food colorants: challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices. *Trends in Food Science & Technology*. 2016. Vol. 52. P. 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.009>
3. Paska M., Mlynko O. Technological aspects of the use of functional beverages in the restaurant business. *Economy and Society*. 2023. Issue 52. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-52-88>
4. Paska M., Izhevskaya O., Makarovskiy N. Chia seeds and their role in creating functional beverages in restaurant establishments. *Economy and Society*. 2024. Issue 68. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-73>
5. Bomba M. Ya., Fedyna L. O., Masliichuk O. B., Maikova S. V. Non-traditional plant raw materials of the Carpathians in the technology of health-improving

beverages. Tavia Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences. 2023. Issue 6. P. 7–14. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.6.1>

6. Masliichuk O. B., Simakhina H. O., Naumenko N. V. Scientific foundations for developing high-protein food products for military personnel. Tavia Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences. 2023. Issue 6. P. 142–149. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.6.19>

7. He Z., Xu M., Zeng M. et al. Interactions of milk α - and β -casein with malvidin-3-O-glucoside and their effects on the stability of grape skin anthocyanin. Food Chemistry. 2016. Vol. 199. P. 314–322. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.031>

8. Fang Z., Bhandari B. Encapsulation of polyphenols — a review. Trends in Food Science & Technology. 2010. Vol. 21(10). P. 510–523. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.08.003>

9. Humphrey A. M. Chlorophyll as a color and functional ingredient. Journal of Food Science. 2004. Vol. 69(5). C422–C425. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb10709.x>

10. Bozhko N. V., Tyshchenko V. I., Stepanova T. M. Development of meat-containing semi-finished products with pike meat and hemp seed protein. Journal of Chemistry and Technologies. 2024. Vol. 32 (1). P. 198–209. <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v32i1.296208>

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF MILK MOUSSES WITH THE USE OF PLANT BIOACTIVE COMPONENTS FOR THE KETO DIET

Hrebeniuk Maksym

postgraduate

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Koretska Iryna

associate Professor, candidate of technical sciences

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Poliovyk Volodymyr

Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

Abstract

The thesis article modern scientific approaches to adapting the technology of whipped milk desserts of the mousse type for the keto diet using lactose-free dairy bases and plant-based drinks (coconut, almond), as well as plant bioactive substances (inulin, plant-based powders containing pectin). The literature review covers low-carbohydrate mousse formulations and the prebiotic properties of inulin. The prospects of integrating functional additives to increase the nutritional value and technological stability of the product have been established. The results are suitable for the HoReCa sector and for special nutrition.

Keywords: milk mousses, keto diet, inulin, prebiotics, lactose-free desserts, functional additives, plant-based drinks.

Introduction

In modern nutrition, products of functional purpose that combine pleasant organoleptic properties with preventive potential are becoming increasingly important. One of the promising directions is the creation of whipped desserts of the mousse type adapted to the needs of special dietary patterns, in particular the keto diet. The keto diet is characterized by a sharp restriction of carbohydrates, an increased content of fats and a moderate amount of protein, which determines the need for new approaches to the development of dessert products. In this context, special interest is focused on mousses based on lactose-free dairy products or plant-based drinks, enriched with inulin, pectin-containing and fruit-and-vegetable powders, which can simultaneously improve texture, increase nutritional value and comply with the principles of the keto diet [2, 4-6].

Relevance of the topic

Traditional milk mousses contain a significant amount of sugar and are often produced with components that are unsuitable for low-carbohydrate diets. At the same time, the demand for sugar-free, lactose-free and low-carbohydrate desserts is steadily growing, which is confirmed by numerous practical recipes for keto mousses based on cream, avocado, coconut plant-based drinks and cocoa. Such products demonstrate a stable whipped structure, pleasant taste and good sensory attractiveness; however, in most cases they are oriented only toward culinary practice rather than scientifically grounded optimization of formulations [5-6, 9]. Therefore, it is appropriate to review existing studies on functional ingredients, in particular inulin, which is considered a prebiotic dietary fiber of plant origin with a potentially positive effect on the gut microbiome and metabolic health.

Aim and objectives

The aim is to summarize modern scientific approaches to the development of milk mousses suitable for the keto diet and to determine the prospects for using plant bioactive components as a tool for technological and nutritional optimization of whipped desserts.

Object and subject of the study

The object of the study is the technology of whipped desserts of the mousse type. The subject of the study is scientific and applied approaches to the use of lactose-free dairy products, plant-based drinks, as well as inulin, fibrous and pectin-containing additives in mousse formulations oriented toward the keto diet.

Literature review and results

Modern keto mousses are mainly based on a combination of a high-fat dairy base with cocoa, erythritol or non-caloric sweeteners. Such formulations confirm the technological feasibility of obtaining a stable, airy and creamy structure without the use of sugar. [4, 6, 9] For the keto diet, this is crucial, since a dessert must not only have a low-carbohydrate profile but also maintain attractive sensory characteristics.

In works devoted to inulin, its role as a soluble prebiotic dietary fiber capable of selectively supporting the growth of beneficial microflora and promoting the formation of short-chain fatty acids is emphasized [1, 3]. For mousse technology, this is of interest due to its effect on consistency and structural stability. Inulin does not disrupt ketosis, as it is only partially fermented with minimal impact on blood glucose, which makes it promising for low-carbohydrate and keto-oriented products [7-8].

Plant-based drinks (for example, coconut or almond drinks) ensure high energy density and satiety, which makes them ideal for keto desserts by providing sufficient fat content with a reduced proportion of digestible carbohydrates. Plant-based powders containing pectin regulate viscosity and provide natural antioxidants, further enhancing the product's nutritional value and potential health benefits. The combined use of inulin and other plant-based structural components aligns with the concept of functional desserts for special diets [1, 3, 7-9].

Conclusions

The conducted review indicates that mousses are a promising group of desserts for the keto diet due to the possibility of replacing sugar and using high-fat dairy bases and plant-based drinks. Inulin and plant powders increase functionality and nutritional

value without violating keto dietary principles. These findings can be used to develop and introduce new mousse-type products in the HoReCa sector, as well as in technologies for special and health-oriented foods.

References:

1. Exploring the role of inulin in targeting the gut microbiota / Microorganisms. - 2024. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10958509/>
2. Hrebeniuk M., Koretska I. Monitoring milk analogues for use in dietary [Electronic resource] // Scientific World Journal. – 2024. – Is. 26. – Pp. 28-34
3. Inulin fructans in diet: Role in gut homeostasis, immunity, health outcomes and potential therapeutics / Carbohydrate Polymers. - 2022. - DOI: 10.1016/j.carbpol.2022.119098.
4. Koretska I. Creation of a food chain to provide complete dietary nutrition [Electronic resource] / I. Koretska // Food for life: promising raw materials and innovative processing the : book of thesis the International conference, 10–11 May 2023, Kyiv, Ukraine. – Pp. 130–135.
5. Low-calorie functional dairy dessert enriched by prebiotic fibers and high antioxidant herbal extracts: A study of optimization and rheological properties / Food Science & Nutrition. - 2024. - Vol. 12, No. 10. - P. 7829-7841.
6. Polevik V., Berezovaya A., Deynichenko L., Koretskaya I. Research of the process of desserts quality formation // Norwegian Journal of development of the International Science. – 2021. – Vol. 1, № 56. – P. 53–61.
7. Significance of inulin fructans in the human diet / Food Reviews International. - 2015. - Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33401810/>
8. The prebiotic potential of inulin-type fructans: A systematic review / Nutrients. - 2021. - Vol. 13, No. 11. - Article 3792.
9. Vorobyova A. Polyovyk V., Koretska I. Development of the desserts based on non-traditional vegetable raw materials [Electronic resource] // Technology Audit and Production Reserves, 2021. – № 4/3 (60). – P. 32–36.

FORECASTING CHANGES IN THE WATER REGIME OF RIVERS IN UKRAINE UNDER GLOBAL CLIMATE CHANGE

Chornopyskyi Yaroslav

student

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

Bednarska Nataliia

student

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

Brega Anna

student

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

Vozniak Taras

student

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

Taranova Nataliia

PhD in Geography, Associate Professor

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University

In the context of ongoing global climate change, water resources have become a critical factor in ensuring environmental stability and sustainable socio-economic development. River runoff plays a fundamental role in supplying water for domestic needs, agriculture, industry, and energy production. Therefore, transformations in the hydrological regime under the influence of climate change require detailed scientific analysis and forecasting.

According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the global mean temperature has already increased by more than 1.1°C compared to pre-industrial levels, leading to significant alterations in the global hydrological cycle [1]. In Ukraine, the rate of warming exceeds the global average, with an increase of 1.2-1.5°C observed over recent decades, as confirmed by long-term hydrometeorological observations and consistent with the assessments of the World Meteorological Organization [5]. These changes have affected the balance between precipitation, evaporation, and river runoff.

Modern climate change is characterized by an increasing frequency of extreme weather events, including prolonged droughts and short-term intense rainfall. According to the European Environment Agency, Europe is experiencing a growing share of heavy precipitation events, which often result in floods but do not contribute

effectively to groundwater recharge [2]. Combined with rising temperatures, this leads to increased evaporation and the formation of an unstable hydrological regime.

The analysis of the current state of river regimes in Ukraine indicates substantial transformations. One of the most important trends is the decreasing role of snowmelt in river feeding, which results in the weakening or disappearance of spring floods. At the same time, the contribution of winter runoff is increasing due to frequent thaws and rainfall during the cold season. In contrast, summer and autumn low-flow periods are becoming more intense and prolonged, leading to lower water levels and deterioration of water quality.

Significant changes are observed in the Dnipro River basin, which covers approximately 65% of Ukraine's territory. Over the past decades, the average annual runoff has decreased by 10-20%, accompanied by a smoothing of seasonal variability [3]. The situation in the Southern Bug basin is even more critical, with runoff reductions reaching 25-30%, driven by both climatic factors and intensive human activity [4].

Regional differences in hydrological transformations are clearly pronounced. In the Polissia region, declining groundwater levels and degradation of wetlands are observed. In the Carpathian region, the frequency of flash floods is increasing due to heavy rainfall events [2]. In the steppe zone, a persistent water deficit is forming, leading to the drying of small rivers and a decrease in the discharge of medium-sized rivers.

Table 1.

Main climate changes in Ukraine and their impact on river regimes

Indicator	Change	Impact on river regime	Source
Air temperature	+1.2-1.5°C	increased evaporation	[1], [3]
Precipitation	uneven distribution	floods and droughts	[2]
Snow cover	reduction	weakening of spring floods	[3]
Extreme events	increase	regime instability	[2], [4]

Source: compiled by the authors based on [1-4]

Forecast estimates indicate that by the middle of the 21st century, these trends will intensify. According to climate scenarios (RCP4.5 and RCP8.5), the average annual river runoff in Ukraine is expected to decrease by 15-25% [1], which is also supported by World Bank assessments of water security under climate change [4]. At the same time, the seasonal distribution of runoff will shift, with an increase in winter discharge and a significant intensification of summer low-flow periods.

Table 1.

Projected changes in river regimes in Ukraine by 2050

Indicator	Expected change	Main consequences	Source
Annual runoff	-15-25%	water scarcity	[1], [4]
Spring flood	weakening/disappearance	floodplain degradation	[3]
Winter runoff	increase	seasonal imbalance	[2]
Summer low flow	intensification	river drying	[4]

Source: compiled by the authors based on [1-4]

The figure illustrates the typical intra-annual distribution of river discharge, characterized by a spring maximum associated with snowmelt and a summer-autumn low-flow period. Under current climate change conditions, there is a tendency towards a decrease in the spring peak and an increase in winter runoff, indicating a transformation of the seasonal structure of the hydrological regime [1; 3].

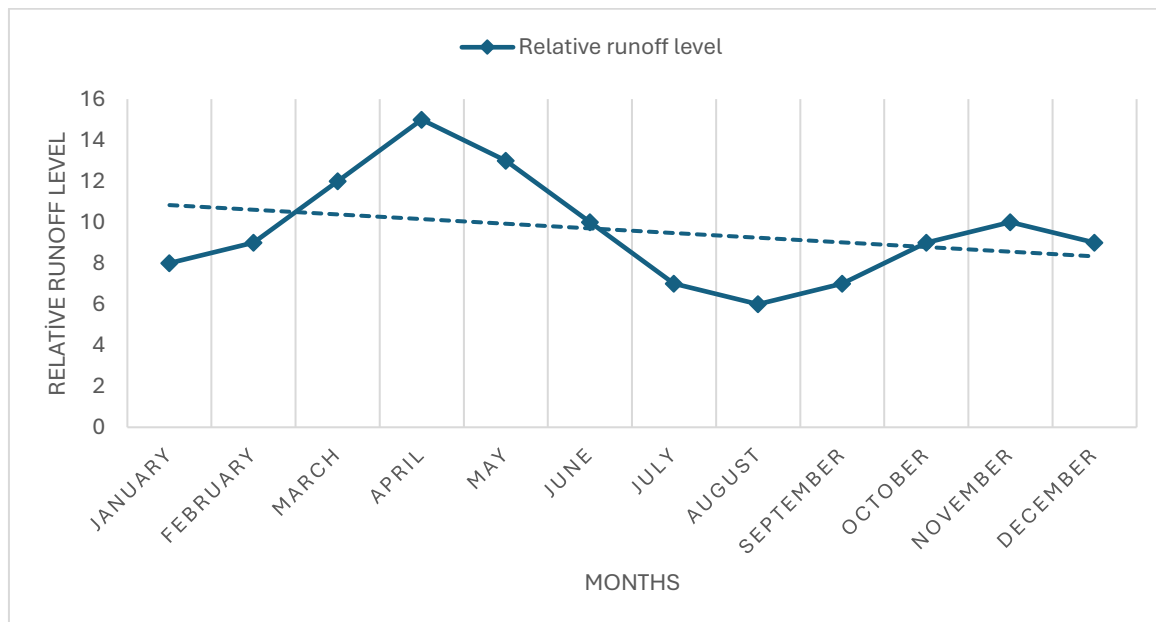


Figure 1. Seasonal distribution of river runoff in Ukraine

Source of the figure: compiled by the authors [1; 3].

Figure 1 illustrates the intra-annual variability of river runoff in Ukraine. The highest runoff values are observed in spring (March-May), which is associated with snowmelt processes, while the lowest values occur in summer (July-August) during the low-flow period.

A gradual decrease in runoff during the warm season reflects the increasing impact of evaporation and reduced precipitation efficiency. The presence of a downward trend line also indicates a general tendency towards a slight decrease in runoff levels throughout the year [1; 5].

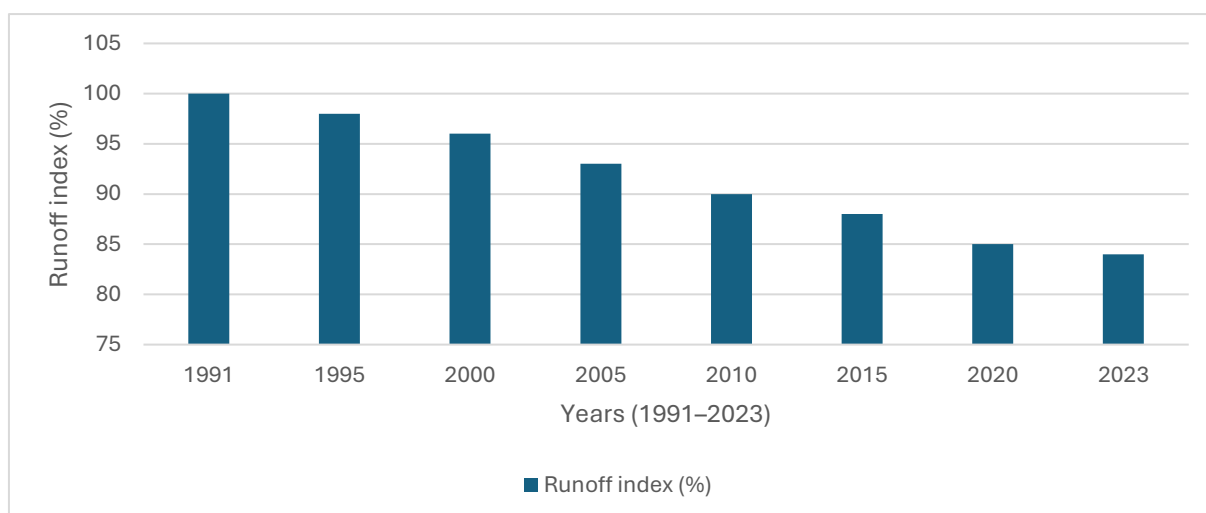


Figure 2. Trend of decreasing river runoff in Ukraine (1991-2023)
Source of the figure: compiled by the authors based on [1; 5].

Figure 2 demonstrates a clear negative trend in river runoff in Ukraine over the period 1991-2023. The runoff index shows a gradual decrease from 100% in the early 1990s to approximately 84% in recent years.

This decline reflects the combined impact of increasing air temperatures, enhanced evaporation, and changes in precipitation patterns associated with global climate change.

The obtained results indicate the formation of a new type of river regime in Ukraine, characterized by increased variability, a higher frequency of extreme hydrological events, and water scarcity during the warm season. These changes pose significant risks to national water security and require the implementation of adaptive water management strategies.

Thus, the transformation of river regimes in Ukraine is one of the most evident manifestations of global climate change and necessitates a transition to integrated water resource management based on predictive modeling and sustainable development principles.

References

1. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva, 2023.
2. European Environment Agency. Climate change impacts in Europe. Luxembourg, 2022.
3. Ukrainian Hydrometeorological Center. Climate of Ukraine: current state and trends. Kyiv, 2020.
4. World Bank. Water Security under Climate Change. Washington, 2021.
5. WMO. State of the Global Climate 2023. Geneva, 2024.

ПРОТИПОЖЕЖНА ПРОПАГАНДА В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: ВИКЛИКИ, РИЗИКИ, ТА ОСОБЛИВОСТІ КОМУНІКАЦІЇ З НАСЕЛЕННЯМ

Микитенко Руслана Володимирівна

Курсант,
Національний університет цивільного захисту України
м. Черкаси, Україна

Чубіна Тетяна Дмитрівна

Доктор історичних наук, професор,
завідувач кафедри соціальних і гуманітарних дисциплін,
Національний університет цивільного захисту України
м. Черкаси, Україна

В умовах повномасштабної збройної агресії проти України суттєво зростає роль інформаційних процесів у забезпеченні безпеки населення. Поряд із військовими загрозами активно функціонує інформаційно-психологічний вплив, який, за даними досліджень, здатний викликати у людей підвищений рівень тривожності, стресу та емоційного виснаження. Це безпосередньо впливає на здатність населення адекватно сприймати та виконувати рекомендації у сфері цивільного захисту, зокрема пожежної безпеки [1].

Одночасно статистика свідчить про зростання кількості пожеж в Україні, значна частина яких пов'язана з воєнними діями та порушенням правил безпеки населенням. У таких умовах ефективна протипожежна пропаганда набуває критичного значення як елемент державної системи цивільного захисту [2].

Протипожежна пропаганда є складовою системи профілактики надзвичайних ситуацій і спрямована на формування у населення знань і навичок безпечної поведінки. Органи ДСНС організовують інформаційно-роз'яснювальну роботу через різні канали комунікації: засоби масової інформації, соціальні мережі, друковані матеріали, лекції та навчання.

В умовах воєнного стану ефективність такої діяльності суттєво знижується через низку факторів. По-перше, інформаційне перевантаження населення, спричинене надмірною кількістю новин про війну, знижує увагу до профілактичних повідомлень, у тому числі щодо пожежної безпеки. По-друге, психологічний стан громадян характеризується підвищеним рівнем тривожності, стресу та емоційного виснаження, що є наслідком інформаційно-психологічного впливу в умовах війни [1].

Окремим викликом є поширення дезінформації та маніпулятивного контенту, який впливає на сприйняття населення та може знижувати довіру до офіційних джерел інформації. У наукових дослідженнях підкреслюється, що

інформаційно-психологічні операції є складовою сучасних гібридних загроз і спрямовані на формування викривленої картини реальності [3].

У контексті пожежної безпеки це створює додаткові ризики, оскільки населення може ігнорувати офіційні рекомендації або неправильно їх інтерпретувати. Особливо це небезпечно в умовах воєнного стану, коли зростає кількість пожеж через пошкодження інфраструктури, перебої електропостачання та використання альтернативних джерел обігріву.

Важливим чинником ефективності протипожежної пропаганди є рівень довіри до державних інституцій. У кризових умовах саме довіра визначає, наскільки населення готове дотримуватися інструкцій і рекомендацій. Відповідно, комунікаційна стратегія має бути прозорою, зрозумілою та адаптованою до різних соціальних груп.

Серед перспективних напрямів підвищення ефективності можна виділити: використання коротких і візуально орієнтованих повідомлень, активну присутність у соціальних мережах, інтеграцію психологічних підходів у комунікацію, а також розвиток кризових комунікацій, що враховують емоційний стан населення [4].

Протипожежна пропаганда в умовах воєнного стану функціонує в складному інформаційно-психологічному середовищі. Основними викликами є інформаційне перевантаження, психологічна вразливість населення та вплив дезінформації. Ефективність комунікації залежить від здатності державних інституцій адаптувати інформаційні стратегії до умов кризи, підвищувати рівень довіри та використовувати сучасні канали поширення інформації. Удосконалення цих підходів є важливим чинником підвищення рівня пожежної безпеки в Україні.

Список літератури:

1. Чи впливає пропаганда на психічний стан населення під час вторгнення Росії в Україну // ЧНУ ім. П. Могили. URL: <https://chmnu.edu.ua/chi-vplivaye-propaganda-na-psihichnij-stand-naselennya-pid-chas-vtorgnennya-rosiyi-v-ukrayinu/>
2. Протипожежна безпека в умовах війни: як пасивні засоби захисту допоможуть зберегти підприємство. URL: https://pravda.com.ua/projects/protipozhezhna-bezpeka-805471/?utm_source=chatgpt.com
3. Інформаційно-психологічна війна як нова загроза здоров'ю населення України: реальність небезпеки та напрями протидії. URL: https://health-ua.com/article/5219-nformatcijnopsihologchna-vjna-yak-nova-zagroza-zdorovyu-naselennya-ukrani-re?utm_source=chatgpt.com
4. Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація. URL: file:///C:/Users/ASUS/Downloads/%D0%A1%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%80-2019.pdf

CHILDREN'S RIGHTS IN EVACUATION PROCESSES DURING ARMED CONFLICT: LEGAL CHALLENGES OF PROTECTION, FAMILY SEPARATION, AND INSTITUTIONALIZATION

Osadcha Vladyslava

2nd-year Master's student

Taras Shevchenko National University of Kyiv
Educational and Scientific Institute of International Relations

Abstract

This article examines the protection of children's rights during evacuation in conditions of armed conflict, with particular attention to Ukraine's legal framework and its consistency with international humanitarian and human rights law. The large-scale aggression against Ukraine has significantly intensified evacuation processes, making the legal regulation of children's relocation from high-risk areas an urgent issue requiring comprehensive analysis.

The study demonstrates that evacuation, while serving as a key mechanism for protecting civilian populations, simultaneously generates complex legal and practical challenges. These include ensuring the best interests of the child, preserving family unity, preventing unnecessary institutionalization, and guaranteeing access to essential rights such as education, healthcare, and adequate living conditions. The article emphasizes that Ukrainian legislation develops within a dual framework: national legal regulation and international obligations, including the Geneva Conventions, the UN Convention on the Rights of the Child, and the UN Guiding Principles on Internal Displacement.

The article further explores the legal mechanisms governing the evacuation of children from institutional care facilities, including criteria for relocation, responsible authorities, documentation requirements, and safeguarding obligations of accompanying persons. It is argued that these procedures are designed to ensure both physical safety and legal protection of children, while maintaining the overarching principle of the best interests of the child.

Key words: children's rights, evacuation, armed conflict, best interests of the child, family unity, institutionalization, international humanitarian law, Ukraine, martial law, child protection.

The issue of ensuring children's rights during emergencies, particularly in situations of armed conflict, has become increasingly significant in contemporary international law. The full-scale aggression against Ukraine and the mass evacuation processes associated with it have highlighted the need for a comprehensive study of

legal safeguards for the protection of children during their relocation from dangerous areas.

Evacuation, as a tool for protecting the civilian population, simultaneously creates a number of legal challenges related to ensuring the best interests of the child, preserving family ties, preventing institutionalization, and guaranteeing access to fundamental rights. In this context, particular importance is attached to analyzing Ukrainian national legislation through the prism of international human rights law and international humanitarian law principles.

Against this background, it is essential to consider the relevant norms of international humanitarian law that directly regulate evacuation processes. According to Article 17 of the Geneva Convention relative to the Protection of Civilian Persons in Time of War, “the Parties to the conflict shall endeavour to conclude local agreements for the removal from besieged or encircled areas of the wounded, sick, infirm, aged persons, children and maternity cases, and for the passage of ministers of all religions, medical personnel and medical equipment on their way to such areas.” [1] Notably, children are singled out as a distinct category, which demonstrates that humanitarian law emphasizes the necessity of evacuating, in particular, children.

In addition to humanitarian law, soft law instruments also play an important role in shaping standards of protection. In the context of evacuating children from areas of hostilities, it is also important to refer to the UN Guiding Principles on Internal Displacement, which are aimed at addressing the specific needs of internally displaced persons worldwide [2]. This document establishes key principles, including the principle of the best interests of the child and the principle of family reunification for families separated by evacuation.

Turning to the national legal framework, it is necessary to clarify how evacuation is defined in Ukrainian legislation. According to paragraph 7 of Article 2 of the Civil Protection Code of Ukraine, evacuation is defined as the organized removal or relocation of the population from an emergency zone or a zone of possible impact in cases where there is a threat to life or health, as well as the removal of material and cultural assets if there is a risk of their damage or destruction [3]. These measures have become especially significant since 2014, following the outbreak of armed conflict in Ukraine. To safeguard the population – particularly to uphold children’s rights to life and health – the state implements evacuation procedures.

Within this legal framework, the role of martial law legislation is particularly significant. The Law of Ukraine “On the Legal Regime of Martial Law” serves as the key legal framework governing interactions between the state and society across various sectors during martial law. Paragraph 19 of Article 8 of this law provides that military command authorities may independently implement certain measures, including the evacuation of the population in the event or threat of an emergency, as well as from zones of armed conflict or areas of possible hostilities to safe territories [4].

Recent legislative developments further specify the mechanisms of evacuation. On March 4, 2026, Law of Ukraine No. 4779-IX on the mandatory evacuation of the population, including children, from areas of active and potential hostilities entered

into force [5]. The adoption of this act became necessary, as parents often abuse their rights and keep children in an unacceptable and dangerous environment. This leads to negative consequences, including violations of the child's right to life, the right to housing and adequate living conditions, the right to access quality education and development, among others. The law also provides for amendments to several legislative acts.

At the same time, it is important to distinguish between voluntary and mandatory evacuation procedures. In most situations, the evacuation of children is carried out together with their parents or legal representatives and, as a rule, on a voluntary basis. According to paragraph 1 of the Procedure for Evacuation in Case of Threat or Occurrence of Emergency Situations, approved by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 841 of October 30, 2013, "for the purpose of protecting children during martial law, regional military administrations, in coordination with military command authorities and the Coordination Headquarters, may decide on mandatory evacuation by force together with parents, guardians, or other legal representatives from areas of potential and active hostilities, as well as from territories where state electronic information resources operate" [6].

This approach reflects the general principle of respect for family autonomy. The principle of respect for family life and parental rights remains fundamental in this context. However, in exceptional cases, particularly in areas of active hostilities, the state may carry out the forced evacuation of children without parental consent. This occurs when a child's presence in a combat zone poses a direct threat to their life or health. According to paragraph 31 of the Procedure, "refusal by parents, persons replacing them, or other legal representatives to the mandatory forced evacuation of children from a specific settlement in an area where hostilities are taking place is not permitted"[6].

Such measures necessitate corresponding changes in related areas of law. In this regard, it is important to analyze the specific changes introduced to sectoral legislation. In particular, Article 150 of the Family Code of Ukraine has been amended and now states that "parents are obliged to take care of the child's health and safe living conditions, as well as their physical, spiritual, and moral development." [7] This establishes a legal duty for parents to ensure safe living conditions for the child, which are difficult to guarantee in situations involving the threat of shelling in frontline areas or occupation. Therefore, parents are obliged to participate in evacuation measures.

At the same time, the practical implementation of these provisions raises a number of complex legal issues. In particular, this gives rise to the problem of the separation of a child from their family. According to paragraph 2 of Principle 7 of the UN Guiding Principles, "authorities undertaking displacement shall ensure, to the greatest practicable extent, that proper accommodation is provided to the displaced persons, ... and that members of the same family are not separated." [2] Thus, the need arises to balance different legal principles. This leads to the question of which principle prevails: the principle of ensuring the child's right to life, survival, and development, or the principle of family unity.

It should be noted that, in accordance with the UN Convention on the Rights of the Child, “in all actions concerning children, whether undertaken by public or private social welfare institutions, courts, administrative or legislative bodies, the best interests of the child shall be a primary consideration” [8]. Ukrainian legislation provides a definition of the concept of “ensuring the best interests of the child” in Article 1 of the Law of Ukraine “On the Protection of Childhood.” It is defined as “actions and decisions aimed at meeting the individual needs of the child in accordance with their age, sex, health condition, developmental characteristics, life experience, family, cultural and ethnic background, and taking into account the child’s opinion if they have reached an age and level of development sufficient to express it” [9].

Further guidance on the application of this principle is provided by judicial practice. The principle of the best interests of the child requires further clarification. In the context of balancing a child’s development and the preservation of family ties, it is worth referring to the judgment of the European Court of Human Rights in “Mamchur v. Ukraine” case. The Court stated that “when determining the fundamental interests of a child in each particular case, two conditions must be taken into account: first, it is in the best interests of the child to preserve ties with the family, except in cases where the family is particularly unfit or clearly dysfunctional; second, it is in the best interests of the child to ensure their development in a safe, stable, and secure environment that is not dysfunctional” [10].

At the same time, the application of these criteria in crisis situations requires a careful assessment of the specific circumstances. Thus, it can be concluded that refusal of mandatory evacuation may indicate that a child is being left in a dangerous and unsuitable environment, which does not correspond to their best interests.

However, when a child is separated from their parents during mandatory evacuation, this may lead to the phenomenon of mass institutionalization of children, which contradicts Ukraine’s policy of reforming the child care and support system, as well as its European integration commitments. One possible solution to this issue is the obligation of the state to ensure the prompt reunification of families.

International standards clearly support this obligation. Paragraph 3 of Principle 17 of the UN Guiding Principles states that “families which are separated by displacement should be reunited as quickly as possible. All appropriate steps shall be taken to expedite the reunification of such families, particularly when children are involved” [2]. According to Article 30-1 of the Law of Ukraine “On the Protection of Childhood,” “the state shall take all necessary measures to ensure the protection of children located in settlements within areas of active or potential hostilities, children affected by military actions and armed conflicts, their care, and their reunification with family members, including tracing, release from unlawful detention, including captivity, and return to territory under Ukraine’s control of deported and forcibly displaced children” [9].

Thus, Ukrainian legislation, guided by international principles, allows for the possibility of family separation during forced evacuation in certain exceptional circumstances, thereby prioritizing the principle of the best interests of the child. At

the same time, the state is obliged to make every effort to ensure the reunification of such families, as this also contributes to the protection of children's rights.

On the other hand, as reported by a group of civil society organizations, "the existing network of foster families, family-type children's homes, small group homes and foster carers will objectively be unable to meet the potential needs that may arise in the event of the application of mechanisms for the forced evacuation and removal of children in connection with forced evacuation" [11]. Representatives of human rights organizations emphasize that there is a real risk that children separated from their parents during forced evacuation may be placed, either temporarily or for a prolonged period, in institutional facilities, which would effectively amount to their institutionalization. Such an approach contradicts the Strategy for Ensuring the Right of Every Child in Ukraine to Grow Up in a Family Environment for 2024 – 2028. Moreover, in the context of European integration, the adoption of regulations that may expand the practice of institutional placement of children creates a risk of deviating from the declared course of deinstitutionalization and harmonization of legislation with EU law in the field of human rights protection.

An important issue is also ensuring proper living conditions during martial law for children who reside in or are enrolled in institutions providing 24-hour care, regardless of their type, ownership, or subordination. These include, in particular, orphanages, sanatoriums, shelters, rehabilitation centers, boarding schools, and other similar facilities. The full list, as well as the mechanisms for evacuating children from such institutions, is defined in the Procedure for Temporary Relocation (Evacuation) of Children and Persons Residing in or Enrolled in Institutions of Various Types, Forms of Ownership and Subordination Providing 24-Hour Care, and Their Return to Their Place of Permanent Residence (Stay), or, in the case of departure abroad, to Ukraine, approved by Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 546 of June 1, 2023.

According to paragraph 4 of the Procedure, during martial law the temporary relocation, i.e. evacuation, of children is mandatory in three cases. The first is when the institution providing 24-hour care for children is located at a distance of less than 2 kilometers from facilities important for the economy and defense of the state. The second case is when the institution is located less than 100 kilometers from the boundary between the territory controlled by Ukraine and temporarily occupied territory. The third case is when the institution is situated less than 50 kilometers from the state border of Ukraine with the Russian Federation or the Republic of Belarus [12]. These criteria help determine whether a real threat exists and whether evacuation is necessary, given that such experiences can be highly traumatic for children.

Children residing in such institutions do not always have parents or close relatives who can accompany them during evacuation. Therefore, the Procedure specifies the persons authorized to perform this role. According to paragraph 17, children may be accompanied by staff members of the institution, or, if this is not possible, by employees of other municipal educational or healthcare institutions, social service providers, executive bodies of local councils, military administrations of settlements (subject to their consent), child protection services, or relevant structural units of

regional and Kyiv city military administrations, depending on the subordination or sphere of management of the institution [12].

With regard to compliance with the principle of proper documentation during evacuation, the Procedure is equally clear. In particular, paragraph 11 provides that the head of the institution is authorized to determine transportation routes and issue an order for the temporary relocation (evacuation) of children, which serves as the legal basis for such measures. This order must include personal data of the children and accompanying persons, as well as information on the child's mobility, legal capacity, health condition, and ability to maintain contact with relatives (if any) [12].

The order on temporary relocation (evacuation) assigns specific responsibilities to accompanying persons, including:

- providing care for children and ensuring their upbringing and development;
- taking measures to ensure access to educational services appropriate to their age and level of development, as well as rehabilitation, medical, psychological, and other assistance according to their needs;
- taking measures to return children to their place of permanent residence;
- facilitating communication between children and their parents or other legal representatives, where such communication does not contradict the child's best interests;
- promptly informing the head of the institution or an authorized person of any issues arising during transportation or at the place of temporary relocation;
- preventing any attempts to violate the rights of children and other persons [12].

Overall, these guarantees demonstrate the continued relevance of fundamental child protection principles. Thus, during the evacuation of children residing in or enrolled in institutions providing 24-hour care, the principle of ensuring the best interests of the child remains fully applicable.

Conclusion

The analysis conducted in this study demonstrates that the evacuation of children in conditions of armed conflict represents a complex intersection of international humanitarian law, international human rights standards, and national legal regulation. While evacuation serves as an essential protective mechanism aimed at safeguarding the life and health of children, its implementation raises significant legal and practical challenges, particularly regarding the preservation of family unity, prevention of institutionalization, and full realization of the principle of the best interests of the child.

International legal instruments, including the Geneva Conventions, the UN Convention on the Rights of the Child, and the UN Guiding Principles on Internal Displacement, consistently emphasize the priority of protecting children, ensuring family reunification, and avoiding unnecessary separation from parents or guardians. Ukrainian legislation, in turn, generally aligns with these standards, progressively integrating the principle of the best interests of the child as a fundamental criterion in decision-making processes related to evacuation.

At the same time, the practical application of evacuation procedures under martial law reveals a tension between two key imperatives: the urgent need to protect children

from immediate physical danger and the obligation to preserve their family environment and prevent institutional placement. In exceptional circumstances, temporary separation of children from their families may occur; however, such measures must remain strictly justified, proportionate, and accompanied by effective safeguards aimed at minimizing negative consequences.

A critical issue identified in this research is the risk of institutionalization of evacuated children due to insufficient capacity of family-based care systems. This challenges Ukraine's strategic commitment to deinstitutionalization and its obligations within the framework of European integration. Consequently, strengthening alternative family-based care mechanisms, including foster care and guardianship systems, is essential to ensure compliance with international standards.

Furthermore, the obligation of the state to ensure timely family reunification emerges as a key mitigating factor in addressing the negative consequences of evacuation. Effective implementation of tracing mechanisms, documentation procedures, and inter-agency coordination is crucial for safeguarding children's rights in post-evacuation contexts.

In conclusion, ensuring children's rights during evacuation requires a balanced approach that integrates security imperatives with human rights guarantees. The principle of the best interests of the child must remain the central guiding standard, ensuring that all evacuation-related measures ultimately serve the protection, dignity, and long-term well-being of the child.

References

1. Geneva Convention (IV) relative to the Protection of Civilian Persons in Time of War (1949). URL: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/gciv-1949>
2. UN Guiding Principles on Internal Displacement (1998) URL: <https://www.unhcr.org/sites/default/files/legacy-pdf/43ce1cff2.pdf>
3. Code of Civil Protection of Ukraine No. 5403-VI (2012) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/en/5403-17#Text>
4. Law of Ukraine "On the Legal Regime of Martial Law" No. 389-VIII (2015) <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text>
5. Law of Ukraine No. 4779-IX on Mandatory Evacuation (2026) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4779-20#Text>
6. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 841 "On Approval of the Procedure for Evacuation in Case of Emergency Situations" (2013) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/841-2013-%D0%BF#Text>
7. Family Code of Ukraine No. 2947-III (2002) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2947-14?lang=en#Text>
8. Convention on the Rights of the Child (1989) URL: <https://www.ohchr.org/en/instruments-mechanisms/instruments/convention-rights-child>
9. Law of Ukraine "On the Protection of Childhood" No. 2402-III (2001) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/en/2402-14#Text>

10. Judgment in Mamchur v. Ukraine (Application No. 10383/09) URL: <https://hudoc.echr.coe.int/ukr?i=001-156388>

11. Human Rights Organizations Call on the President to Veto the Law on Forced Evacuation. URL: <https://zmina.ua/en/statements-en/human-rights-organizations-call-on-the-president-to-veto-the-law-on-forced-evacuation/>

12. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 546 on Temporary Relocation (Evacuation) of Children (2023). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/546-2023-%D0%BF#Text>

ТЕНДЕНЦІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНОЗЕМНОГО ДОСВІДУ В ДІЯЛЬНІСТЬ СПІЛЬНИХ СЛІДЧИХ ГРУП

Васюта Юлія Володимирівна,
ад'юнкт кафедри криміналістики та судової медицини
Національної академії внутрішніх справ

Формування правових та організаційно-тактичних умов для міжнародного співробітництва під час розслідування кримінальних правопорушень спільними слідчими групами (далі – ССГ) вимагає проведення комплексних досліджень позитивного досвіду зарубіжних держав у сфері правосуддя. Слушність вивчення іноземного досвіду взаємодії між підрозділами досудового розслідування, міжнародними поліцейськими організаціями, іншими правоохоронними органами, та можливості його використання в Україні не викликають жодних сумнівів.

Акцентуємо увагу на основні напрями допомоги зарубіжних країн під час розслідування кримінальних правопорушень, а саме: по-перше, правову та технічну підтримку. Міжнародні партнери, зокрема країни Європейського Союзу, надають Україні правову експертизу та технічну допомогу для ефективного розслідування воєнних злочинів. Це охоплює навчання персоналу, обмін досвідом та надання необхідних ресурсів; по-друге, фінансову підтримку. Фінансування зовнішньої допомоги, наприклад, від Сполучених Штатів Америки (США), є важливим для забезпечення ресурсами органів, які розслідують воєнні злочини; по-третє, участь у міжнародних слідчих групах. Адже ССГ, до складу яких входять представники різних країн, дають змогу об'єднати ресурси та експертизу для ефективного розслідування; по-четверте, співпрацю з міжнародними організаціями. Наприклад, Інтерпол надає Україні доступ до своїх інструментів для розслідування воєнних злочинів, що формує ефективний обмін інформацією та сприяє координації дій між правоохоронними органами різних країн. Партнери з ЄС надають практичну та консультативну допомогу, зокрема під час фіксації злочинів агресії та ідентифікації жертв за допомогою сучасних ДНК-лабораторій. Слід зазначити, що з квітня 2022 року на базі Європолу функціонує Єдина платформа для збирання, зберігання та аналітичної обробки оперативних даних про воєнні кримінальні правопорушення. Це сприяє ефективному обміну інформацією та координації дій між правоохоронними органами різних країн [4, с. 269-271].

Розглянемо досвід окремих держав щодо розслідування транснаціональної злочинності, що може стати в нагоді під час розслідування кримінальних правопорушень ССГ.

У США існує розгалужена система суб'єктів, які здійснюють досудове розслідування. Так, правоохоронні органи поділено на два рівні: федеральні та місцеві органи. До першої категорії віднесено відомства, які розслідують кримінальні правопорушення транснаціонального характеру або ті, які

становлять загрозу для національної безпеки США. До другої категорії – інституції, що розслідують кримінальні правопорушення, які вчинено на території певного штату або округу. У свою чергу, для розслідування особливо складних або резонансних злочинів створюються ССГ, до складу яких входять представники федеральних та місцевих органів. Слід зауважити, що слідчі США мають широкі повноваження, наприклад, право на обшук, затримання та допит підозрюваних [1, с. 227].

У Французькій Республіці, реагуючи на сучасні виклики тероризму та кіберзлочинності, реформовано правоохоронні структури, зокрема Національну поліцію та Жандармерію. Також варто наголосити, що всю організацію та діяльність судово-експертних установ Франції побудовано за міжнародними стандартами, на підставі чого у французькій судово-експертній системі є міжнародна експертиза [3, с. 30]. Досвід Нідерландів, Австралії та Сінгапуру демонструють інтеграцію цифрових технологій у правоохоронну діяльність, що створює цілісні організаційно-правові та інформаційно-технологічні механізми, що можуть слугувати прикладом для запозичення відповідних методик в Україні в умовах дії воєнного стану [2, с. 107-108].

Окрім вищезазначеного, в Сінгапурі цифрова трансформація поліції здійснюється за допомогою Smart Nation, що охоплює використання штучного інтелекту й аналітики великих даних для прогнозування злочинності. Поліція Сінгапуру (Singapore Police Force) застосовує систему PolCam 2.0, що об'єднує камери відеоспостереження з технологіями розпізнавання облич задля моніторингу громадських місць у теперішньому часі [7]. З 2020 року SPF співпрацює з Home Team Science and Technology Agency (HTX), яке розробило платформу для аналізу даних із соціальних мереж і сенсорів для виявлення потенційних загроз (масових заворушень чи терористичних актів) [5]. Вищезазначені технології сприяють оперативному реагуванню на інциденти, координації дій з іншими відомствами, інтеграційними процесами інформаційно-технологічного та організаційно-правового механізмів [2, с. 108].

У свою чергу, в Нідерландах Національна поліція (Politie) використовує платформу Data-driven Policing завдяки штучному інтелекту та аналітиці великих даних для прогнозування кримінальних правопорушень та управління ресурсами. З 2021 року поліція впровадила систему Sense, що інтегрує дані з камер відеоспостереження, сенсорів та відкритих джерел для виявлення загроз у теперішньому часі, наприклад, підозрілих моделей поведінки в аеропортах чи вокзалах [6]. Співпраця з Europol через Європейський центр кіберзлочинності (EC3) забезпечує обмін розвідданими. Цим підкреслено значущість міжвідомчої та міжнародної взаємодії для національної стійкості [2, с. 108-109]. З огляду на вищезазначені аспекти міжнародної практики розслідування кримінальних правопорушень, системи прогнозової аналітики дозволять ССГ ідентифікувати потенційні загрози національній безпеці на ранніх стадіях.

Таким чином, вивчення передового міжнародного досвіду сприяє виявленню проблемних аспектів в національній правовій системі, а також дозволяє адаптувати її до умов сьогодення. Іноземний досвід діяльності уповноважених

компетентних органів держав під час розслідування кримінальних правопорушень слугує перспективним напрямом для впровадження в діяльність ССГ інноваційних методик розслідування транснаціональної злочинності.

Список літератури

1. Коломієць В.І. Зарубіжний досвід взаємодії між органами досудового розслідування та можливості його використання в Україні. *Вісник кримінологічної асоціації України* 2023. № 1(28). С. 226-233. DOI: <https://doi.org/10.32631/vca.2023.1.20>.
2. Малетова О.С. Модернізація правоохоронних систем у контексті національної безпеки: міжнародний досвід та українські перспективи. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету*. Сер.: Юриспруденція. 2025 № 76. С. 106-110. DOI: <https://doi.org/10.32782/2307-1745.2025.76.17>.
3. Полтавський А.О., Нечеснюк М.В. Уніфікування судово-експертної діяльності у кримінальному провадженні в країнах із різними правовими системами: практ. Посібник / за заг. ред. Красюка І.П., Кримчука С.Г., Ткаченко Н.М., Чернявського С.С., Чечіля Ю.О. Київ: НАВС, 2023. 120 с.
4. Чернецька О.В. Міжнародне співробітництво під час розслідування воєнних кримінальних правопорушень. *Ірпінський юридичний часопис*, 2025, 2 (19), 266-273. DOI: [https://doi.org/10.33244/2617-4154-2\(19\)-2025-266-273](https://doi.org/10.33244/2617-4154-2(19)-2025-266-273).
5. Jain S., Rall J., Santarpia A., Haltmeier D. Graduate Institute of International and Development Studies. Urban Digitised Security: Final Report. URL: <https://surl.li/xhzkjo>.
6. Schuilenburg M., Soudijn M. Big data policing: The use of big data and algorithms by the Netherlands Police. *Policing: A Journal of Policy and Practice*, Volume. 2023. № 17, 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1093/police/paad061>.
7. Shreeyaa K. With an eye on safety and security, PolCam has played a vital policing role in our neighbourhoods. Singapore Police Force: website. URL: <https://www.police.gov.sg/Media-Room/Police-Life/2024/12/Vigilant-Guardians-Safer-Streets>.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГИ ПРО ВИЗНАННЯ ПРАВОЧИНУ НЕДІЙСНИМ З ПІДСТАВ ЙОГО ФРАУДАТОРНОСТІ В ПОЗАКОНКУРСНОМУ ОСПОРЕННІ

Садиленко Олексій Леонідович

аспірант 3 курсу юридичного факультету
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара,
Голова Адвокатського об'єднання «Бі ПОІНТ»

Науковий керівник:

Алексеевко Ігор Григорович,
завідувач кафедри цивільного, трудового та господарського права, професор,
кандидат юридичних наук, доктор політичних наук

Впродовж тривалого часу в Україні поширеною та популярною була практика зміни титульного власника активів, при виникненні заборгованості, яку боржник не мав наміру погашати, внаслідок чого кредитори такого боржника були позбавлені можливості звернути стягнення на відповідні активи.

Разом із тим, поступово вітчизняна судова практика напрацювала підходи, відомі з часів класичного римського права (I – III ст. н.е.), які також отримали розвиток цивільному праві як країн континентальної Європи, так і в системах англо-саксонського права – позов про визнання правочину фrawdаторним (*actio Pauliana*).

Суть позову *actio Pauliana* полягає у захисті прав та інтересів кредитора, на шкоду якому вчинений правочин боржником такого кредитора, шляхом визнання відповідного правочину недійсним, з метою повернення активів, відчужених за відповідним правочином, у власність боржника та подальшого звернення стягнення на відповідні активи.

Отже, основна мета *actio Pauliana* – відновлення статусу-кво, тобто повернення майна або його вартості до стану, який існував би, якби шахрайських дій не було.

Аналогічні висновки викладені також і в тексті постанови Верховного Суду від 05.04.2023 року: недійсність фrawdаторного правочину в позаконкурсному оспорюванні має гарантувати інтереси кредитора (кредиторів) «через можливість доступу до майна боржника», навіть і того, що знаходиться в інших осіб [1].

Примітним є той факт, що нормативна база, яка використовується під час судового захисту прав та інтересів кредиторів, діє у незмінному вигляді з початку 2004 року – введення в дію Цивільного кодексу України, однак відповідні норми повноцінно запрацювали згідно свого призначення лише після 2018 року, коли Верховний Суд почав аналізувати правочини не лише за формальними

критеріями, але і з урахуванням питань у їх сукупності: добросовісності учасників правочину, економічної доцільності відповідних дій, моменту вчинення правочину та ступеню пов'язаності контрагентів.

В контексті вищевикладеного цікавим є висновок, викладений у Рішенні Конституційного Суду України від 28.04.2021 року, в якому аналізувалася на предмет відповідності Конституції України положення частини третьої статті 13, частини третьої статті 16 Цивільного кодексу України:

«Здійснюючи право власності, у тому числі шляхом укладення договору або вчинення іншого правочину, особа має враховувати, що реалізація свободи договору як однієї із засад цивільного законодавства перебуває у посутньому взаємозв'язку з установленими Кодексом та іншими законами межами здійснення цивільних прав, у тому числі права власності. Установлення Кодексом або іншим законом меж здійснення права власності та реалізації свободи договору не суперечить вимогам Конституції України, за винятком ситуацій, коли для встановлення таких меж немає правомірної (легітимної) мети або коли використано юридичні засоби, що не є домірними. У зв'язку з тим, що частина третя статті 13 та частина третя статті 16 Кодексу мають на меті стимулювати учасників цивільних відносин до добросовісного та розумного здійснення своїх цивільних прав, Конституційний Суд України дійшов висновку, що ця мета є правомірною (легітимною)» [2].

Слід зазначити, що оскільки Цивільний кодекс України не містить окремої статті, присвяченої недійсності правочину з підстав його фраздаторності, тривалий час серед практиків та в наукових колах тривала дискусія щодо нормативно-правового обґрунтування відповідних позовів *actio Pauliana*, зокрема чи слід їх кваліфікувати як фіктивні правочини [3].

Як слушно зауважує М.Ю.Самох, фіктивні правочини мають ряд спільних ознак із фраздаторними, насамперед це зловживання правом шляхом маніпуляцій із правовими наслідками, а також порушення прав і законних інтересів третіх осіб [3].

Ряд дослідників, зокрема Гофельд Г.С., вважають, що фраздаторний правочин є видом фіктивного правочину [4].

Первісно позиція Великої Палати Верховного Суду щодо відповідної проблематики зводилася до висновків, викладених у постанові від 03.07.2019 року: позивач вправі звернутися до суду із позовом про визнання договору недійсним, як такого, що направлений на уникнення звернення стягнення на майно боржника, на підставі загальних засад цивільного законодавства (пункт 6 статті 3 ЦК України – добросовісність як засада цивільного законодавства) та недопустимості зловживання правом (частина третя статті 13 ЦК України), та послатися на спеціальну норму, що передбачає підставу визнання правочину недійсним, якою може бути як підстава, передбачена статтею 234 ЦК України (фіктивні правочини), так і інша, наприклад, підстава, передбачена статтею 228 ЦК України (правочин, який порушує публічний порядок) [5].

В подальшому Верховний Суд уточнив власні висновки, наголосивши на тому, що кваліфікація правочину як фіктивного виключається, якщо на

виконання оспорюваного правочину було передано майно чи відбувся перехід прав; натомість для кваліфікації фrawdаторного правочину в позаконкурсному оспорюванні як такого, що вчинений всупереч принципу добросовісності та недопустимості зловживання правом (статті 3, 13 ЦК України) не має значення, що на виконання оспорюваного правочину було передано майно чи відбувся перехід прав [6].

У цій же постанові також наголошено на наступному: одночасна кваліфікація оспорюваного фrawdаторного правочину в позаконкурсному оспорюванні як фіктивного (стаття 234 ЦК України) і такого, що вчинений всупереч принципу добросовісності та недопустимості зловживання правом (статті 3, 13 ЦК України) не допускається [6].

І вже у лютому 2026 року Велика Палата Верховного Суду, відступаючи від попередніх висновків Верховного Суду, сформулювала висновок, відповідно до якого оспорення договору як фrawdаторного правочину поза провадженням про несплатоспроможність боржника, можливе на підставі загальних засад цивільного законодавства (п. 6 ст. 3 ЦК України) та недопустимості зловживання правом (ч. 3 ст. 13 ЦК України), оскільки позивач вправі звернутися до суду з позовом про визнання договору недійсним як такого, що направлений на уникнення звернення стягнення на майно боржника – і відповідна нормативно-правова кваліфікація підстав для визнання такого правочину недійсним є достатньою [7].

Отже, незважаючи на практичне застосування позовів *actio Pauliana* впродовж багатьох століть та імплементацію відповідних правових конструкцій в правових системах багатьох країн, які традиційно відносяться до Західної цивілізації, Україна продовжує шляхом проб та помилок напрацьовувати власні інструменти та механізми захисту інтересів кредиторів від дій недобросовісних боржників.

Водночас, оскільки Верховна Рада України ініціювала процес рекодифікації Цивільного кодексу України, вважаємо за доцільне включити до тексту оновленого нормативного акту окрему статтю, присвячену недійсності правочину з підстав його вчинення з метою заподіяння шкоди кредитору, що сприятиме більшій правовій визначеності у відповідних правовідносинах.

Список використаних джерел:

1. Постанова Верховного Суду від 05.04.2023 року у справі № 523/17429/20 (провадження № 61-2612св23). URL: <https://www.reyestr.court.gov.ua/Review/110083824>;
2. Рішення Конституційного Суду України від 28.04.2021 року № 2-р(II)/2021 у справі № 3-95/2020(193/20). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/va02p710-21#Text>;
3. Самох М.Ю., Фrawdаторні та фіктивні правочини: порівняльно-правовий аспект. URL: <https://sulj.oduvs.od.ua/archive/2024/4/12.pdf>;
4. Гофельд Г.С., Відмежування фrawdаторного правочину від фіктивного та удаваного правочинів. Науковий вісник Ужгородського Національного

Університету, 2024. URL: <https://visnyk-juris-uzhnu.com/wp-content/uploads/2025/01/15-1.pdf>;

5. Постанова Великої Палати Верховного Суду від 03.07.2019 року у справі № 369/11268/16-ц (провадження № 14-260цс19). URL: <https://www.reyestr.court.gov.ua/Review/83482786>;

6. Постанова Верховного Суду від 05.01.2024 року у справі № 761/40240/21 (провадження № 61-13013св23). URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/116291132>;

7. Постанова Великої Палати Верховного Суду від 04.02.2026 року у справі № 910/6654/24 (провадження № 12-28гс25). URL: <https://reyestr.court.gov.ua/Review/134266626>.

ЦИВІЛЬНО-ПРАВОВА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ЗА ШКОДУ, ЗАВДАНУ ШТУЧНИМ ІНТЕЛЕКТОМ

Юрко Іван Володимирович

здобувач вищої освіти

Полтавського юридичного інституту

Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого

Актуальність проблеми цивільно-правової відповідальності за шкоду, завдану штучним інтелектом (далі — ШІ), зумовлена стрімким розвитком автономних технологій та відсутністю у чинному законодавстві України чітких норм щодо правового статусу ШІ та механізмів відшкодування шкоди. Такий нормативний вакуум створює ризики для правової визначеності, особливо з огляду на можливі соціальні та економічні наслідки автономної діяльності цих систем.

У доктрині триває дискусія щодо можливості надання ШІ статусу суб'єкта цивільного права. Відповідно до законодавства України суб'єктами права визнаються лише фізичні та юридичні особи [1], а жоден нормативний акт не наділяє ШІ правосуб'єктністю. Тому наслідки його функціонування закономірно покладаються на людину — власника, користувача або розробника, що узгоджується зі ст. 1172, 1173, 1187 ЦК України, які встановлюють відповідальність за шкоду, завдану іншими особами або джерелом підвищеної небезпеки [2, с. 3].

Як зазначає Шишка Н., питання відповідальності за шкоду, спричинену ШІ, активно досліджується на міжнародному рівні вже понад десять років [3]. У Резолюції Європейського парламенту від 16 лютого 2017 року (2015/2013(INL)) [4] пропонувалося розглянути можливість створення спеціального правового статусу для роботів, зокрема концепції «електронної особистості». Проте в Резолюції від 20 жовтня 2020 року Європарламент [5] відмовився від ідеї надання правосуб'єктності системам ШІ, наголосивши, що шкода, завдана ними, є похідною від дій людини, яка їх створює чи експлуатує [3, с. 3].

У цивілістичній доктрині сформувалося кілька підходів до вирішення цієї проблеми. Частина науковців наполягає на тому, що ШІ має залишатися виключно об'єктом цивільно-правових відносин, оскільки він є продуктом людської діяльності [6; 7]. Водночас інші дослідники пропонують запровадження спеціального правового статусу для високорозвинених автономних систем з метою підвищення ефективності механізмів відповідальності у разі завдання шкоди [8].

Як слушно зауважив суддя Верховного Суду у Касаційному адміністративному суді Берназюк Я., нині триває робота над коментарем до ст. 16 Кодексу та проектом Положення щодо використання технологій ШІ працівниками Апарату Верховного Суду, основною ідеєю яких є абсолютна відповідальність користувача. На його думку, ШІ має розглядатися виключно як

інструмент, що не здатний виконувати більше, ніж закладено самою людиною, а отже, користувач повинен не лише правильно формулювати запит, а й відповідально перевіряти отриманий результат [9].

Ця позиція видається обґрунтованою, оскільки надання III статусу суб'єкта цивільного права є передчасним як у філософському, так і юридичному вимірі. III позбавлений свідомості, волі та наміру — ключових передумов правосуб'єктності, а його поведінка є результатом алгоритмів, створених людиною. Тому відповідальність за такого сценарію мала б покладатися на фізичних або юридичних осіб, які створюють чи експлуатують такі системи.

Водночас частина науковців акцентує на феномені «автономної шкоди», коли III приймає рішення без прямого контролю користувача, а їх наслідки не були передбачені виробником. У таких випадках доцільним є застосування принципу відповідальності за ризик відповідно до ст. 1187 ЦК України, яка встановлює обов'язок відшкодування шкоди незалежно від вини, якщо діяльність пов'язана з джерелом підвищеної небезпеки [8]. Звідси пропонується віднести до таких джерел і високорівневі автономні системи III.

З погляду практичного регулювання, відповідальність за дії III може бути забезпечена шляхом запровадження обов'язкового страхування ризиків, подібно до страхування відповідальності власників транспортних засобів, де також існує ризик автономної шкоди через технічні збої чи механічні дефекти. Подібні підходи вже аналізуються в Європейському Союзі, де Єврокомісія пропонує створення єдиного механізму компенсації шкоди від III у формі фондів або страхових гарантій. Такий механізм не лише посилює захист потерпілих, а й стимулює виробників до впровадження більш високих стандартів безпеки та етики у розробці алгоритмів.

Проте тут є теж момент щодо права власності. Наприклад автомобіль є джерелом підвищеної небезпеки через свої конструктивні особливості, які включають складні системи, що працюють на механічній, хімічній та електричній енергії, а також використовують вогнебезпечні та токсичні речовини. Навіть нерухомий автомобіль може завдати шкоди, наприклад, через загоряння або витік пального. Ці фактори створюють ризик для оточуючих, що робить володіння автомобілем відповідальним, незалежно від його руху [10]. Тоді постає ключове питання, кого визначати власником III?

У цьому контексті доцільно було б розглянути також можливість введення спеціального правового режиму відповідальності для розробників, постачальників і користувачів III, подібного до режиму, що існує у сфері використання небезпечних технологій або ядерної енергії. Така модель відповідальності на основі принципу «строкої відповідальності» (strict liability) вже застосовується в міжнародній практиці і може бути адаптована для технологій III.

Так на думку Марценко Н. С., III слід розглядати як «продукт» його виробника, який має нести відповідальність за неналежну якість такого товару [2, с. 5]. Проте постає питання, чи можуть властивості алгоритмів, спеціально закладені людиною для забезпечення автономності III, вважатися його

недоліком. Адже недолік традиційно визначається як невідповідність обґрунтованим очікуванням споживача або невиконання заявлених функцій.

У такому разі виникає дилема: якщо ШІ стає інструментом вчинення протиправних дій або автономно діє у спосіб, що спричиняє суспільно небезпечні наслідки, чи слід кваліфікувати це як вихід за межі людського контролю, чи як технічний недолік продукту?

На нашу думку, подібні обставини більшою мірою кореспондують із концепцією визначення штучного інтелекту як джерела підвищеної небезпеки. На відміну від недоліку цифрового продукту, який передусім стосується порушення технічних чи функціональних характеристик, неконтрольована автономна поведінка ШІ потенційно здатна завдати значної шкоди суспільним інтересам.

Проблемним аспектом залишається встановлення причинно-наслідкового зв'язку між функціонуванням ШІ та завданою шкодою. У літературі слушно зауважується, що системи ШІ здатні до самонавчання, модифікації алгоритмів та ухвалення рішень, непередбачуваних навіть для їхніх розробників [11, с. 147]. За таких умов застосування класичної деліктної моделі значно ускладнюється, оскільки доведення вини конкретної особи може бути фактично неможливим. Це актуалізує дискусію щодо можливості переходу від суб'єктивної (виновної) до об'єктивної відповідальності, тобто покладення обов'язку з відшкодування шкоди на власника або користувача ШІ незалежно від доведення їхньої вини. Водночас очевидно, що ШІ не є самостійним суб'єктом, а його активність запускається та спрямовується людиною, що ставить питання про обсяг правових наслідків, які саме факт володіння такою системою може породжувати.

Якщо ж власником ШІ визнається розробник, виникає додаткова проблема: чи можуть пересічні користувачі нести відповідальність за запити, які спричинили небажані соціальні наслідки? На сьогодні це питання має радше риторичний характер, оскільки однозначної відповіді у межах дослідження не виявлено.

У науковому дискурсі також простежується спроба провести аналогію між ШІ та тваринами як об'єктами, здатними завдати шкоди незалежно від волі власника. Попри певну ілюстративність такої аналогії щодо непередбачуваності поведінки, вона є обмеженою: тварини діють на основі природних інстинктів, тоді як ШІ — на основі алгоритмів, створених людиною [2, с. 5]. Це частково корелює з позицією науковців, які пропонують розглядати ШІ як джерело підвищеної небезпеки. Втім, на наш погляд, аналогія з тваринами є лише умовно релевантною, з огляду на постійну здатність систем ШІ до оновлення та зростання рівня автономності.

Показовими є й новітні емпіричні дослідження. Так, компанія Anthropic у квітні поточного року оприлюднила результати аналізу понад 700 000 взаємодій із ШІ-асистентом Claude, у межах яких виявлено 3 307 унікальних моральнісних орієнтацій, класифікованих у п'ять груп: практичні, пізнавальні, соціальні, захисні та особисті [12]. Це свідчить про формування складної та адаптивної системи ціннісних моделей, що, у свою чергу, ускладнює оцінку ризиків.

Разом із тим, за даними дослідження Стенфордського інституту штучного інтелекту, орієнтованого на людину (HAI), розвиток екосистеми відповідального ШІ (RAI) залишається нерівномірним. Незважаючи на стрімке зростання кількості інцидентів, пов'язаних із використанням ШІ, у великих розробників промислових моделей усе ще бракує стандартизованих інструментів оцінки ризиків. Нові методики — такі як HELM Safety, AIR-Bench та FACTS — лише починають впроваджуватися, а розрив між усвідомленням небезпек і реальними кроками щодо їх мінімізації зберігається [13].

В Україні досі не існує спеціальних нормативно-правових актів, що комплексно регулюють питання відповідальності за шкоду, завдану штучним інтелектом (ШІ). Наявні концептуальні документи цифрового розвитку лише побічно згадують ШІ в контексті етики та інновацій, але не визначають його правового статусу чи механізмів відшкодування шкоди. Така фрагментарність свідчить про нагальну потребу у створенні цілісної системи правового регулювання із врахуванням європейських підходів, побудованих на принципах обережності, прозорості та підзвітності.

Підтримуючи позицію щодо віднесення ШІ до джерел підвищеної небезпеки, слід визнати, що питання покладання відповідальності на власника або користувача залишається невирішеним. Попри доцільність запровадження цивільно-правової відповідальності за шкоду, спричинену ШІ, надання йому статусу суб'єкта права нині позбавлене необхідних онтологічних та юридичних передумов, оскільки ШІ є штучним алгоритмом, який може функціонувати лише в межах людського програмування та управління.

Отже, на сучасному етапі ШІ варто розглядати як контрольований технічний засіб, співмірний з іншими об'єктами, що належать до джерел підвищеної небезпеки. У цьому контексті українське законодавство має забезпечити чітке нормативне закріплення відповідальності розробників і користувачів за наслідки застосування таких технологій. Доцільним видається або уточнення положень ст. 1187 ЦК України, або створення окремого розділу, присвяченого цивільно-правовій відповідальності за шкоду, завдану ШІ, що дозволить ефективно врегулювати ризики, які поки залишаються під контролем людини.

Список літератури:

1. Цивільний кодекс України від 16.01.2003 року № 435-IV. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15>
2. Марценко Н.С. Цивільно-правова відповідальність за шкоду, спричинену штучним інтелектом. Наукові записки. Серія: Право. Випуск 12. 2022 р. URL: <https://pravo.cusu.edu.ua/index.php/pravo/article/view/105/89>
3. Шишка, Н. Цивільно-правова відповідальність за шкоду завдану використанням технологій штучного інтелекту: досвід ЄС та перспективи для України. Цифрова трансформація прав: ЄС та Україна : матеріали 1-ї Міжнар. наук.-практ. конф. Харків, 2024. URL: <https://dspace.univd.edu.ua/handle/123456789/22612>

4. European Parliament resolution of 16 February 2017 with recommendations to the Commission on Civil Law Rules on Robotics: of 16.02.2017 no. (2015/2103(INL)). URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017IP0051>

5. European Parliament resolution of 20 October 2020 with recommendations to the Commission on a civil liability regime for artificial intelligence: of 20.10.2020 no (2020/2014(INL)) URL: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020IP0276>

6. Яроцький В. Л. Статус суб'єктів цивільних прав: сучасні проблеми та напрямки їх вирішення у ході рекодифікації цивільного законодавства України. Учасники цивільних відносин: новації рекодифікації цивільного (приватного) права України : матеріали XIX наук.-практ. конф. Харків: Право, 2021. С. 52–55.

7. Мічурін Є. О. Правова природа штучного інтелекту. Форум права. 2020. № 5 (64). С. 67–75. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4300624>

8. Barton, J. T. (2019). Introduction to AI and IoT issues in product liability litigation. Thomson Reuters Westlaw. https://www.iadclaw.org/assets/1/7/Introduction_to_AI_and_IoT_issues_in_product_liability_litigation_-_Jonathan_Barton_-_Thomson_Reuters_Westlaw_Journal_-_2.20.2019.pdf

9. III в судовій практиці: суддя ВС розповів про відповідальне використання технологій. 2025. URL: <https://supreme.court.gov.ua/supreme/pres-centr/news/1879982/>

10. Науковий висновок науково-консультативної ради при Верховному Суді <https://surl.li/rmtsgx>

11. Бурило Ю. П. Правове регулювання електронного бізнесу: виклики штучного інтелекту. Інноваційна система та інформаційні технології в сучасній науці: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. редкол.: С. В. Глібко, О. Д. Крупчан, С. А. Бука. Харків: Право, 2017. С. 145–148.

12. Anthropic just analyzed 700,000 Claude conversations — and found its AI has a moral code of its own. 2025. URL: <https://venturebeat.com/ai/anthropic-just-analyzed-700000-claude-conversations-and-found-its-ai-has-a-moral-code-of-its-own>

13. Stanford HAI's 2025 AI Index Reveals Record Growth in AI Capabilities, Investment, and Regulation. 2025. URL: <https://www.businesswire.com/news/home/20250407539812/en/Stanford-HAIs-2025-AI-Index-Reveals-Record-Growth-in-AI-Capabilities-Investment-and-Regulation>

MANAGED IMMIGRATION IN THE CONTEXT OF TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION: A STRATEGY FOR ADDRESSING LABOR MARKET IMBALANCES IN UKRAINE

Akhmetov Illias

Ph.D. in Economics, Associate Professor,
Department of Economics, Management and Business Administration,
The Interregional Academy of Personnel Management, Zhytomyr, Ukraine

Levkivska Larysa

Ph.D. in Economics, Associate Professor, Department of Economics,
Entrepreneurship and Tourism,
Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine

The large-scale transformations of the Ukrainian economy under conditions of war and post-war recovery have led to profound structural changes in the labor market, manifesting in a persistent imbalance between labor demand and supply. This imbalance is driven by demographic decline, significant external migration, internal displacement, and institutional constraints that collectively limit the country's capacity for economic recovery and modernization [1-2]. At the same time, technological transformation – characterized by the rapid diffusion of digitalization, automation, and artificial intelligence – is not only altering the scale of labor demand but fundamentally restructuring its content, sectoral composition, and qualification requirements. Rather than simply reducing the need for labor, technological change intensifies the demand for adaptable, digitally competent, and continuously learning workers, thereby deepening qualitative mismatches between labor supply and demand. In such conditions, technology acts not only as an extension of human capabilities but also as a factor that increases the dependence of economic development on the quality, flexibility, and relevance of human capital.

However, internal labor reserves remain limited and structurally constrained, as vulnerable groups such as internally displaced persons, veterans, and persons with disabilities face significant barriers to labor market integration. Moreover, the existing education and training systems are not always capable of responding promptly to the rapidly changing skill requirements of a technologically transforming economy. As a result, the labor market crisis in Ukraine is characterized not only by quantitative shortages of workers but also by a persistent skills mismatch.

Therefore, the search for effective mechanisms to replenish and optimize labor resources becomes a critically important scientific and practical task. In this context, managed immigration should be considered not merely as a compensatory response to demographic losses, but as a strategic instrument for addressing both quantitative and qualitative labor market imbalances. Its integration into a broader socio-technological

and institutional framework allows for a more comprehensive approach to human capital development and supports the alignment of labor supply with the needs of a dynamically evolving economy.

The aim of this study is to substantiate the role of managed immigration as a strategic instrument for addressing both quantitative labor shortages and qualitative mismatches in the context of technological transformation, as well as to develop a conceptual approach to its integration into the system of socio-economic recovery and human capital development in Ukraine.

The object of the study is the labor market of Ukraine under conditions of war, post-war recovery, and ongoing technological transformation.

The subject of the study is the managed immigration as a policy mechanism for regulating labor supply and mitigating structural imbalances in the labor market, including skills mismatches arising from economic restructuring and digitalization.

The methodological framework of the study is based on an interdisciplinary approach combining the principles of labor economics, migration studies, and institutional analysis. The research employs general scientific methods, including analysis and synthesis to identify structural labor market imbalances, as well as abstraction and generalization to formulate the conceptual role of managed immigration. In addition, the study applies elements of systemic analysis to assess the interconnections between technological transformation, labor market dynamics, and migration processes. The empirical basis of the research is formed by secondary analysis of analytical reports and statistical data from international organizations and national institutions.

Research objectives.

1. To analyze the structural imbalances of the Ukrainian labor market under conditions of war, post-war recovery, and technological transformation, including their key determinants and the impact on the structure and quality of labor demand.

2. To assess the limitations of internal labor market resources, including vulnerable population groups, in addressing both quantitative labor shortages and qualitative skills mismatches.

3. To substantiate the role of managed immigration as a strategic instrument for aligning labor supply with the needs of a technologically evolving economy and to identify key institutional and policy factors determining its effectiveness.

Analysis of structural imbalances of the Ukrainian labor market under conditions of war, post-war recovery, and technological transformation

The Ukrainian labor market is characterized by deep structural imbalances between labor demand and supply, driven by demographic decline, large-scale external migration, internal displacement, and institutional constraints. These imbalances are further intensified by the outflow of more than 6 million people, including to Germany (1.3 million), Poland (~977,980), the Czech Republic (~398,370), and other countries, which has significantly reduced labor force participation and narrowed the domestic supply of the economically active population, as 54.1% of migrants are economically active individuals aged 35-65 [3]. Despite a decrease in the unemployment rate to 11.5–13%, the labor market demonstrates a “shortage paradox”, where the number of

vacancies grows faster than the number of active job seekers [4]. This creates a situation in which labor scarcity coexists with formal unemployment, reflecting deep structural distortions rather than cyclical fluctuations. In particular, 71% of enterprises report a critical need for employees, while another 25% experience shortages but continue operating under constrained conditions. Although enterprises respond actively – 87% have increased wages, 84% have introduced bonus systems, more than half invest in staff development, and some even provide housing – these measures remain insufficient to address the structural nature of labor shortages [1]. These trends indicate that the imbalance is structural rather than cyclical and cannot be resolved through short-term market adjustments alone.

Technological transformation further intensifies these imbalances by fundamentally reshaping the structure and quality of labor demand. Studies on digitalization and the impact of artificial intelligence show that technological change does not simply reduce labor demand but redistributes it across sectors and qualification levels, increasing the need for workers with digital, analytical, and adaptive competencies. At the same time, according to recent research, up to 30–40% of current job functions are potentially subject to partial automation, which leads to the transformation rather than elimination of employment and increases the demand for hybrid skill sets combining technical and cognitive abilities [5]. However, in the Ukrainian context, the ability of enterprises to adopt advanced technologies remains uneven, while the education and training system does not fully meet the rapidly changing requirements of the labor market. As a result, a persistent skills mismatch emerges, where available labor resources do not correspond to the needs of a technologically transforming economy.

In addition, structural imbalances are reinforced by sectoral and institutional factors. Demand for labor is increasingly concentrated in sectors such as logistics, construction, and technologically advanced manufacturing, while the available workforce is often oriented toward other segments of the economy [4]. Research also indicates that the share of jobs requiring digital competencies is steadily increasing, while access to reskilling and upskilling opportunities remains limited, particularly for vulnerable population groups. This creates additional barriers to labor market integration and reduces overall economic productivity. Consequently, the structural imbalance of the Ukrainian labor market is determined by a complex interaction of demographic, technological, and institutional factors, highlighting the need for comprehensive policy responses that combine labor market regulation, human capital development, and mechanisms for external labor supply.

Assessment of the limitations of internal labor market resources in addressing labor shortages and skills mismatches

The capacity of internal labor market resources in Ukraine to address both quantitative labor shortages and qualitative skills mismatches remains significantly constrained under conditions of war and post-war recovery. Despite the presence of available labor within the country, including internally displaced persons (IDPs), veterans, and other vulnerable groups, their effective integration into the labor market is limited by structural, institutional, and socio-economic barriers [1]. Internal

displacement has led to a spatial mismatch between labor supply and demand, as a substantial share of the workforce is concentrated in regions with limited employment opportunities, while economically active regions experience acute labor shortages. In addition, access to employment is often mediated by informal social networks, which are typically disrupted in the case of forced migration, further reducing the employment prospects of displaced populations. These factors indicate that the availability of labor resources does not automatically translate into their effective utilization.

Empirical data confirm the scale of these constraints among vulnerable population groups. For instance, accordingly to the Ministry of Veterans Affairs of Ukraine, nearly 25% of veterans report experiencing discrimination or bias during job search processes, while a significant proportion face difficulties in translating military experience into civilian qualifications. Health-related limitations further restrict labor market participation, as approximately 71% of veterans have physical injuries and around one-third exhibit symptoms associated with post-traumatic stress, requiring adapted working conditions [6]. Similarly, internally displaced persons encounter barriers related to high housing costs, limited access to childcare services, and a mismatch between their skills and the labor demand in host regions. These factors reduce labor mobility and limit the potential for workforce reallocation across sectors and regions.

At the same time, research on digital transformation of the labor market indicates that the problem is not limited to quantitative shortages but is increasingly characterized by a qualitative mismatch between labor supply and demand. Studies show that technological change raises the demand for digital, analytical, and adaptive competencies, while a significant share of the existing workforce lacks these skills due to structural gaps in the education and training system. According to recent research, the spread of digital technologies and artificial intelligence leads to the transformation of job functions and increases the need for hybrid skill sets combining technical and cognitive abilities [5; 7]. However, opportunities for reskilling and upskilling remain limited and unevenly distributed, particularly for vulnerable groups, which exacerbates existing inequalities in access to employment.

Furthermore, the institutional environment also limits the effectiveness of internal labor resources. As noted in studies on state policy in the digital era, the transformation of the labor market requires coordinated public interventions aimed at supporting workforce adaptation, including retraining programs, employment support measures, and inclusive labor market policies [8]. In the absence of such systemic support, businesses tend to prioritize short-term survival strategies over long-term investments in human capital development, reducing incentives for inclusive employment practices. As a result, vulnerable groups remain underutilized, and the labor market continues to experience both shortages and inefficiencies.

Thus, the limitations of internal labor market resources in Ukraine are determined by a complex interaction of demographic losses, spatial mismatches, skills gaps, and institutional constraints. These factors significantly reduce the ability of the domestic workforce to respond to the evolving demands of a technologically transforming economy. Consequently, internal resources alone are insufficient to overcome the current labor market crisis, highlighting the need for complementary mechanisms,

including managed immigration, to ensure the alignment of labor supply with both quantitative and qualitative labor market needs.

Substantiating the role of managed immigration and identifying key policy factors of its effectiveness

In the absence of a coherent and well-designed migration policy, Ukraine may face a range of socio-economic and institutional risks associated with unmanaged migration flows. Unregulated immigration can lead to the expansion of informal employment, increased pressure on social infrastructure, and the risk of labor market segmentation, where migrants are concentrated in low-productivity sectors with limited social protection [9]. In addition, insufficient integration mechanisms may contribute to social tensions and reduce the economic contribution of migrants due to underutilization of their skills. From an institutional perspective, weak regulatory frameworks and administrative barriers may increase the risks of irregular migration and labor exploitation. As highlighted in studies on labor market transformation in the digital era, the absence of coordinated state policy in conditions of structural change can exacerbate existing imbalances and reduce the effectiveness of economic adaptation processes [8]. Therefore, unmanaged migration does not automatically solve labor shortages and may generate additional structural distortions.

At the same time, the structural characteristics of the Ukrainian labor market indicate the necessity of external labor resources as a complementary mechanism for economic recovery. As shown earlier, internal labor reserves are limited not only quantitatively but also qualitatively, due to skills mismatches and structural barriers affecting vulnerable population groups [1]. In the context of technological transformation, this problem becomes even more acute, as the demand for digital, analytical, and adaptive competencies continues to grow, while the domestic workforce does not fully meet these requirements. Empirical research on the impact of digitalization and artificial intelligence confirms that technological change increases the need for hybrid skill sets and accelerates the transformation of job functions [5; 8]. Consequently, the gap between labor demand and supply cannot be closed solely through internal mechanisms, which substantiates the need for targeted attraction of external human capital.

In this context, managed immigration should be considered as a strategic instrument for aligning labor supply with the needs of a technologically evolving economy. Unlike spontaneous migration, managed immigration allows for the selective attraction of workers based on sectoral demand, qualification levels, and long-term development priorities. Such an approach makes it possible to address not only quantitative labor shortages but also qualitative mismatches by targeting specific skill gaps in the labor market. At the same time, international experience demonstrates that the effectiveness of migration policy depends on the integration of immigration mechanisms with broader labor market and human capital development strategies. In particular, the coordination of migration policy with education, training, and employment systems increases the adaptability of the workforce and enhances the overall efficiency of labor market functioning.

The effectiveness of managed immigration policy is determined by a set of interrelated institutional and policy factors. First, clear and transparent regulatory frameworks governing entry, residence, and employment are essential for reducing the risks of irregular migration and ensuring legal certainty for employers and workers. Second, integration policies, including language training, access to education, and inclusion in social infrastructure, play a critical role in facilitating the productive participation of migrants in the economy. Third, the use of data-driven approaches allows for continuous monitoring of labor market needs and supports evidence-based policy adjustments. Finally, as emphasized in studies on labor market transformation, effective state policy must combine regulatory, economic, and social instruments to ensure the alignment of technological change with labor market development. Thus, managed immigration becomes not only a compensatory mechanism but a systemic element of a broader socio-technological strategy aimed at sustainable economic recovery and long-term growth.

Conclusions

The study confirms that the Ukrainian labor market under conditions of war, post-war recovery, and technological transformation is characterized by deep and persistent structural imbalances. These imbalances are driven by demographic decline, large-scale external migration, internal displacement, and institutional constraints, which collectively reduce labor supply and distort its spatial and sectoral distribution. At the same time, empirical evidence demonstrates the existence of a “shortage paradox”, where labor scarcity coexists with formal unemployment, indicating that the problem is structural rather than cyclical. Technological transformation further intensifies these imbalances by not only changing the scale of labor demand but fundamentally restructuring its qualitative characteristics, increasing the demand for digital, adaptive, and hybrid competencies. As a result, the Ukrainian labor market faces both quantitative labor shortages and significant skills mismatches.

The analysis also shows that internal labor market resources are insufficient to overcome these challenges. Although vulnerable population groups, including internally displaced persons, veterans, and persons with disabilities, represent a potential labor reserve, their effective integration is constrained by structural, institutional, and socio-economic barriers. Empirical data confirm the presence of discrimination, health-related limitations, spatial mismatches, and restricted access to employment and training opportunities. In addition, the education and training system does not fully correspond to the rapidly evolving requirements of a technologically transforming economy, which further deepens qualitative imbalances. Consequently, the availability of labor resources does not ensure their effective utilization, and endogenous mechanisms alone are unable to restore equilibrium in the labor market.

In this context, managed immigration is substantiated as a strategic instrument for aligning labor supply with the needs of a technologically evolving economy. Unlike unmanaged migration, it allows for the selective attraction of labor based on sectoral demand, qualification levels, and long-term development priorities, thereby addressing both quantitative shortages and qualitative mismatches. At the same time, the effectiveness of managed immigration policy depends on a complex of institutional

and policy factors, including transparent regulatory frameworks, effective integration mechanisms, data-driven governance, and coordination with labor market and human capital development policies. Therefore, managed immigration should be considered not merely as a compensatory tool, but as an integral element of a broader socio-technological strategy aimed at ensuring sustainable economic recovery, improving labor market efficiency, and supporting long-term development of Ukraine.

References:

1. Ахметов І. Р., Левківська Л. М. Людський капітал для відродження України: країни донори та правові перешкоди. Наукові праці МАУП. Проблеми модернізації України / редкол.: С. В. Храпатий (голова) [та ін.]. Київ: Міжрегіональна академія управління персоналом, 2025. Вип. 1 (48). С. 315–321.
2. Ахметов І. Р., Власюк В. П. Вплив державної політики на просторовий розвиток продуктивних сил України. Наукові ініціативи сьогодення України: правові, економічні, соціальні та поведінкові аспекти: матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції (Житомир, 11 грудня 2025 р.). Житомир: ФК при ЖІ ПрАТ «ВНЗ “МАУП”», 2025. С. 229–231.
3. Ukraine situation : Operational Data Portal / United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR). URL: <https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine> (дата звернення: 21.04.2026).
4. Tsapin A., Zholud O. The Labor Market during the War in Ukraine. *Visnyk of the National Bank of Ukraine : Working Papers*. 2025. № 2025/04. URL: <https://doi.org/10.26531/vnbu2025.wp04> (дата звернення: 21.04.2026).
5. Костик Є. П., Цимбал К. О. Вплив штучного інтелекту на ринок праці. *Економіка і регіон*. 2024. № 3(94). С. 6–12. DOI: 10.26906/EiR.2024.3(94).3477.
6. Упередженість та недовіра з боку роботодавців — серед основних викликів, з якими зіштовхуються ветерани та ветеранки при працевлаштуванні : [новина] / Міністерство у справах ветеранів України. 2024. URL: <https://mva.gov.ua/prescenter/category/86-novini/uperedzhenist-ta-nedovira-z-boku-robotodavtsiv--sered-osnovnih-viklikiv-z-yakimi-zishtovhuutsya-veterani-ta-veteranki-pri-pratsevashtuvanni> (дата звернення: 20.04.2026).
7. Христуненко О., Просович О. Вплив цифрової трансформації на ринок праці. *Економіка та суспільство*. 2025. № 73. DOI: 10.32782/2524-0072/2025-73-100.
8. Круглов В. Державна політика трансформації ринку праці: виклики цифрової епохи. *Науковий вісник: Державне управління*. 2021. № 1(7). С. 140–161. DOI: 10.32689/2618-0065-2021-1(7)-140-161.
9. Aleshkovski I. Illegal Immigration as A Structural Factor of Global Development. *Journal of Globalization Studies*. 2013. Vol. 4, № 2. P. 100–112.

PERSONAL BRANDING IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY AND CAREER INSTABILITY

Barkova Kateryna,

PhD in Management, Associate Professor, Associate Professor
Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

The modern world of work is increasingly shaped by instability. The traditional model in which a person entered one organization, gradually advanced within it, and remained in relatively predictable employment for many years has weakened. In its place, more fluid forms of professional development have appeared. Contemporary careers often cross organizational boundaries, require repeated adaptation, and place greater responsibility on the individual rather than on the employer [5; 6]. At the same time, the digital environment has expanded the importance of visibility, reputation, and professional differentiation. Under such conditions, personal branding becomes an important response to instability because it allows individuals to present themselves as recognizable and valuable professionals regardless of whether their position, employer, or field changes. This logic is central to the literature on the boundaryless career, the protean career, and career adaptability.

Personal branding entered management and career discourse most visibly through the argument that every professional must think of themselves as “a brand” [1]. Later research developed this idea and showed that personal branding is not merely a slogan or a marketing technique. It is a social, communicative, and strategic process through which people shape how their professional identity is perceived by others [2; 4]. In unstable career environments, this process becomes especially important because employers and clients increasingly rely on visible signals of competence, consistency, and trustworthiness when making decisions.

Personal branding may be defined as the deliberate formation and communication of a professional identity that reflects a person’s competencies, values, experience, and distinctive contribution [3; 4]. This definition is broader than simple self-promotion. A true personal brand is not only what a person says about themselves, but also what professional communities, employers, colleagues, and audiences consistently associate with them. For that reason, a personal brand includes credibility, emotional impression, ethical style, and the individual’s capacity to solve problems in a recognizable way [2; 4].

In conditions of career instability, the role of personal branding becomes more significant. When a professional repeatedly changes employers, projects, or even fields, their formal biography may appear fragmented. Personal branding helps convert this fragmentation into a coherent story. Instead of being seen as unstable, the individual may be understood as adaptable, interdisciplinary, and capable of growth. This is particularly important in labor markets where employers seek not only technical ability but also clear professional positioning. Personal branding therefore performs a

stabilizing function in unstable environments: it creates continuity where institutions no longer guarantee it [4; 5; 6].

At the same time, personal branding should not be reduced to image construction detached from substance. Research on authentic personal branding emphasizes that long-term value emerges only when public communication is grounded in real competence, ethical consistency, and self-awareness [3]. In other words, effective personal branding is sustainable only when it is rooted in genuine strengths rather than artificial performance. Otherwise, it becomes fragile and may collapse under the pressures of uncertainty.

The spread of personal branding is directly connected with structural changes in employment. The literature links its rise to temporary employment systems, project-based work, digital communication environments, and the transfer of career responsibility from organizations to individuals [4]. The concept of the boundaryless career describes professional movement that transcends one employer or one organizational structure [5]. The protean career extends this logic further by emphasizing that career management becomes self-directed and guided by personal values rather than organizational rules [6]. These ideas explain why personal branding is becoming increasingly important in unstable professional contexts.

Career instability may take many forms. It may include layoffs, temporary contracts, weak internal promotion systems, rapid skill obsolescence, professional reorientation, or hybrid work identities that combine salaried work with independent projects. In such conditions, employability depends not only on formal qualifications but also on how clearly a person communicates relevance. A visible and coherent professional identity helps reduce uncertainty for others. It allows employers, clients, and collaborators to understand what a person stands for and what they can reliably contribute [4; 7].

Table 1.
Connection between labor market uncertainty and personal branding

Dimension of uncertainty	Manifestation in professional life	Function of personal branding
Economic instability	layoffs, reduced hiring, short-term contracts	supports visibility and access to alternative opportunities
Technological change	rapid skill obsolescence, reskilling pressure	signals relevance, flexibility, and learning ability
Organizational restructuring	role ambiguity, downsizing, unstable promotion	preserves identity beyond a single employer
Project and freelance work	irregular income, temporary teams, repeated entry into new networks	builds trust across short-term collaborations
Digital competition	information overload and weak differentiation	clarifies value and strengthens recognizability

This table shows that personal branding is not simply a communication trend. It acts as a response to structural insecurity. It cannot eliminate labor market risk, but it can reduce professional vulnerability by strengthening recognition and trust [4; 5; 6].

A strong personal brand in unstable career conditions is built on several interconnected dimensions. The first is professional clarity. A person should be able to explain what they do, what value they create, and what differentiates them from others. Without clarity, even a highly qualified professional may remain invisible or misunderstood. The second dimension is credibility. Reputation depends on evidence of competence, real achievements, recommendations, and consistent ethical behavior. In uncertain contexts, credibility becomes especially important because decisions are often made with limited information [2; 3; 4].

The third dimension is adaptability. Career instability requires the ability to evolve without losing one's core identity. This point connects personal branding with the theory of career adaptability, which describes readiness to cope with both predictable career tasks and unpredictable changes in work conditions [7]. The fourth dimension is visibility. Competence that is not visible is less likely to create opportunities. Yet visibility should not mean constant self-advertising. It should mean meaningful participation in professional dialogue, publication of useful ideas, professional contribution, and reputation-building through substance. Finally, consistency is crucial [3; 4; 7].

Table 2.
Main elements of a resilient personal brand

Component	Meaning	Career effect under instability
Professional clarity	clear articulation of expertise and contribution	reduces ambiguity and improves positioning
Credibility	evidence-based trust, competence, reliability	increases employability and confidence of others
Adaptability	ability to reposition while preserving core identity	supports transitions and reskilling
Visibility	presence in relevant professional spaces	expands networks and opportunity access
Consistency	alignment of message, values, and behavior	creates long-term reputational stability

Thus, a resilient personal brand combines inner self-understanding with outward communication. It is both reflective and strategic. It helps the individual understand who they are professionally, and it helps others understand why that identity matters [3; 4; 6].

Career resilience is usually understood as the capacity to sustain professional development despite disruption, transition, and uncertainty. Personal branding contributes to such resilience in several ways. First, it gives a person narrative continuity. Even when job roles change, a coherent brand enables the person to explain that movement as purposeful development rather than instability. Second, it improves access to opportunities because professionals who are visible and clearly positioned are easier to remember and recommend. Third, it strengthens network-based career mobility, which is increasingly important in non-linear careers [4; 5; 6].

The theory of the protean career is especially relevant here. It argues that in modern work life, the individual rather than the organization must take responsibility for career direction, while success is defined not only objectively but also psychologically and value-wise [6]. Personal branding fits this logic because it is an instrument of self-directed career management. Likewise, the theory of career adaptability highlights readiness to manage changing professional tasks and unexpected transitions [7]. A strong personal brand supports that readiness by making the person's identity more transferable across settings.

Although personal branding has important advantages, it also contains risks. One of the main concerns is commodification of the self. Scholars have noted that personal branding may encourage individuals to treat their personality and identity as market products, which can create pressure, emotional strain, and the blurring of boundaries between personal and professional life [2; 4]. Another problem is the temptation to privilege image over substance. In highly competitive digital environments, strong presentation may sometimes overshadow actual competence. This creates ethical and professional dangers because short-term visibility can be achieved without long-term credibility.

There is also the risk of excessive rigidity. If a person defines their brand too narrowly, they may later struggle to reposition themselves when professional circumstances change. For this reason, a sustainable personal brand should be specific enough to be memorable, but flexible enough to remain relevant across changing contexts. Authenticity is therefore not a decorative quality but a practical necessity. It allows the brand to develop without becoming artificial or internally contradictory [3; 4].

Personal branding in conditions of uncertainty and career instability should be understood as an important mechanism of professional adaptation. It helps individuals preserve continuity when institutions become unstable, communicate value in competitive environments, and strengthen trust across changing roles and contexts. The contemporary career increasingly requires self-direction, adaptability, and visibility, and personal branding integrates these demands into a single strategic practice [4; 5; 6; 7].

At the same time, personal branding is most effective when it is based on competence, evidence, and authenticity rather than superficial promotion. A strong personal brand does not replace professional development, but it makes that development legible to others. For this reason, in a labor market characterized by uncertainty, instability, and repeated transition, personal branding becomes not an optional addition to career building, but one of its central conditions [1; 3; 4].

References:

- [1] Peters, T. (1997). *The Brand Called You. Fast Company.*
- [2] Lair, D. J., Sullivan, K., & Cheney, G. (2005). *Marketization and the recasting of the professional self: The rhetoric and ethics of personal branding. Management Communication Quarterly, 18(3), 307–343.*

[3] Rampersad, H. K. (2008). *A new blueprint for powerful and authentic personal branding. Performance Improvement*, 47(8), 34–37.

[4] Fugate, M., Kinicki, A. J., & Ashforth, B. E. (2004). *Employability: A psychosocial construct, its dimensions, and applications. Journal of Vocational Behavior*, 65(1), 14–38.

[5] Hall, D. T. (2004). *The protean career: A quarter-century journey. Journal of Vocational Behavior*, 65(1), 1–13.

[6] Savickas, M. L. (1997). *Career adaptability: An integrative construct for life-span, life-space theory. The Career Development Quarterly*, 45(3), 247–259.

PHARMA 4.0 AS THE MAIN CONCEPT OF DIGITALIZATION OF PHARMACY OPERATIONS

Zhumanova G.
Almaty, Kazakhstan

Abstract

Pharmaceuticals is currently one of the most promising markets undergoing digital transformation. Faced with new challenges, companies are forced to focus on customer focus, rapidly changing their approaches to interacting with consumers, doctors, and pharmacists. In the digital era, digital channels have become the foundation of marketing communications: many pharmaceutical companies are already developing or planning to do so, but transitioning to digital communications and maintaining high efficiency in a historically conservative industry is a complex task requiring a comprehensive approach. In this article the concept of pharmacy 4.0 is observed as the main concept of digitalization of pharmacy activities and how it can be implemented in the operations of hospital pharmacy.

Keywords: Healthcare management, financial system of healthcare, healthcare in Kazakhstan, financing of healthcare

Currently, the focus of healthcare reform is shifting to the regional level. Given limited financial resources, timely and reliable information and the availability of tools for analyzing it play a key role in ensuring the appropriateness and adequacy of measures taken by regional healthcare administrations. Large volumes of information, the heterogeneity of data requiring analysis, and the need for rapid decision-making all require the use of information technology in healthcare management systems.

Information technology is firmly entrenched in the pharmaceutical industry, primarily in the areas of information exchange, drug barcoding, management accounting, statistical data processing, and the creation of web platforms to support the improvement of pharmaceutical services and the discussion of public health initiatives. Information systems also automate management and logistics processes and have a significant impact on the financial aspects of pharmaceutical companies.

At the end of the 21st century, the pharmaceutical industry is entering a new stage of informatization, which is shaping around the digital transformation of the entire healthcare system, i.e., The integration of digital technologies into all areas of the pharmaceutical industry is radically changing the nature of business processes and interactions with clients and consumers. Intelligent manufacturing systems based on Industrial Internet of Things (IoT) technologies allow pharmaceutical companies to collect and analyze large volumes of production data, enabling predictive maintenance and reducing equipment downtime [1]. Thus, digitalization in the pharmaceutical industry offers ways to rethink the existing business model, improve production processes, and enhance the industry's ability to respond to the challenges currently shaping reality.

In recent years, digital transformation has become one of the key strategic priorities for pharmaceutical companies worldwide. First and foremost, this concerns "virtual communication" between pharmaceutical companies and clients, an aspect that has received additional impetus today thanks to the fundamentally new level of development of information technology. This fact prompts close attention to current digitalization trends in the global pharmaceutical industry, as these processes are directly linked to the future of this sector [2].

Digital communication channels such as telemedicine platforms, mobile health applications, and electronic prescription systems are increasingly becoming integral elements of healthcare systems. These technologies enable pharmaceutical companies and healthcare providers to interact with patients more efficiently and improve access to medical services [3].

The digital transformation of the pharmaceutical industry is particularly important for Kazakhstan, which must actively respond to digitalization advances and pay attention to the potential for implementing the latest advances in practice, as its future competitiveness and effectiveness depend on this. Kazakhstan has been actively implementing digital technologies in healthcare, including electronic medical records, telemedicine platforms, and unified medical information systems designed to improve healthcare management and patient access to services.

First, it's worth paying attention to the "Pharma 4.0" concept. It enables the use of highly efficient automated processes that can be continuous, batch, or hybrid, managed using an integrated production management strategy.

This strategy involves two areas of integration:

- vertical integration: from the production base to production management systems and enterprise resource planning, which will facilitate real-time decision-making based on current data;
- horizontal integration of laboratory systems into production processes, equipment, and systems, enabling forward and reverse control.

The key elements of the Pharma 4.0 concept that are the focus are:

– Resources, which include the organization's workforce (human resources), machinery and equipment, tools, materials, and the final product. Resource management in this concept is aimed at increasing the efficiency of their use by adapting them to mass production conditions, which is based on "intelligent equipment" operating on the "plug and produce" principle. Such equipment reduces the likelihood of employee error, eliminates the irrational use of materials and substances, reduces the level of consumption of energy, fuel, spare parts, etc.;

– Information systems in this concept are viewed as socio-technical systems in which information is presented based on economic criteria by both people and information and communication technologies. They prepare, process, store, and transmit data and information, and are the basis for integrating all supporting computer systems in Pharma 4.0. Information systems include data transfer interfaces, process automation to support continuous process verification (CPV), and technologies for monitoring and forecasting the production process in real time.

– In the Pharma 4.0 concept, structure is viewed from the perspective of a company's internal organization and as a critical element of value creation. The "organizational structure" also establishes mandatory rules that facilitate collaboration both within and outside the organization. In the pharmaceutical industry, which is based on regulatory compliance, a coherent organizational structure ensures an adequate level of control over company activities and is a key element in business process management. Automation of these processes should lead to a reduction in decision-making chains, which is expected to result in increased efficiency in processes occurring along the value chain.

– Culture encompasses the company's value system and describes the core elements of business processes, signifying a "culture of automation and paperless management" across all aspects of pharmaceutical production. A modern production culture is based on the fact that it's not employees that are controlled, but rather core business processes; each business unit is responsible for implementing the company's overall strategy; and the continuous efforts of business units to improve their operations are supported [4].

The Pharma 4.0 concept has a positive impact on various aspects of the pharmaceutical industry.

First, increased productivity. Process automation will lead to increased productivity and reduced downtime. Thanks to new technologies, systems can predict any potential problems and unexpected disruptions. Real-time data will provide important visibility and optimize supply chain processes.

Second, improved quality. Real-time monitoring will enable continuous monitoring, which will reduce errors and, consequently, improve the final product. This will also impact inventory availability and enable optimal distribution planning. Furthermore, real-time monitoring eliminates the possibility of counterfeit or substandard products reaching the end consumer. Digital quality control systems also improve transparency and traceability throughout the pharmaceutical supply chain, which is particularly important in preventing counterfeit medicines and ensuring patient safety.

Third, business development. The ability to track data in real time facilitates improved business control, providing information on where to invest or improve. Industry 4.0 facilitates easier and smoother integration of management and tracking systems, but at the same time, it will be highly effective in improving production results at all levels. As a result, businesses will be able to increase profitability, improve competitiveness, and prepare for new horizons [5].

Today, these digitalization trends are already being actively utilized by global pharmaceutical industry leaders, who are "going into isolation." This will pose challenges for countries that have missed the boat on digitalization and are guided solely by outdated information technologies and management concepts. Based on the reviews, it can be concluded that these technologies need to be implemented in the development, management, and production of medicines in Kazakhstan.

The current situation stems from the fact that neither Russian manufacturers nor the authorities responsible for pharmaceutical development have fully recognized that digitalization is the foundation that determines the industry's future, despite the fact that without this understanding, Russian pharmaceuticals are doomed to stagnation. Therefore, it is crucial to develop a state program for the digitalization of the pharmaceutical industry. This program should not be merely a declarative document, but should define the sequence of the industry's digital transformation, its specific directions, and resource support for this area of pharmaceutical industry development.

Digital transformation is becoming a fundamental factor in the future development of the pharmaceutical industry. Technologies associated with Pharma 4.0 enable pharmaceutical companies to improve production efficiency, enhance product quality, optimize supply chains, and develop more patient-centered healthcare services.

For Kazakhstan, the successful implementation of digital technologies in pharmaceutical manufacturing and healthcare management is essential for increasing the competitiveness of the national pharmaceutical industry. Government support, strategic investments, and the development of a comprehensive digitalization program will play a crucial role in achieving this goal.

A national strategy for the digital transformation of the pharmaceutical sector should include clear priorities, technological infrastructure development, and strong collaboration between government institutions, pharmaceutical companies, and research organizations. Only through such coordinated efforts can the pharmaceutical industry fully realize the potential of digital technologies and contribute to the sustainable development of the healthcare system.

For the successful operation of automated systems at the regional level, it is important not only to allocate funding, but also to have detailed plans for the development of information infrastructure, and to adopt and adhere to regulations that clearly define the operating principles and responsibilities of system participants. With extensive experience implementing automated systems in the regions, our company provides templates of regulatory documents for system end users, as well as templates of Ministry of Health orders required for automation work in the region. Another important component of successful software implementation at the regional level is the establishment of industry training centers in Kazakhstan, which provide training and retraining for industry personnel to implement targeted programs. As a result, all participants in the process of providing the population with medical supplies gain an understanding of the goals and objectives of information technology, increasing their ability to efficiently and effectively use the proposed automation tools. In summary, we can confidently say that the implementation of the integrated automation concept provides healthcare management, including hospital pharmacies, with a comprehensive tool for managing the provision of medications to the region's population, trained personnel, IT infrastructure, and operational technology that allows for the prompt introduction of changes to existing and the implementation of new industry-specific social guarantee programs.

References:

1. Arden, N. S., Fisher, A. C., Tyner, K., Yu, L. X., Lee, S. L., & Kopcha, M. (2021). Industry 4.0 for pharmaceutical manufacturing: Preparing for the smart factories of the future. *International Journal of Pharmaceutics*, 602, 120554.
2. Fitzgerald, L. (2026). Emerging digital innovations in pharmaceutical manufacturing: Opportunities and regulatory implications. *Journal of Pharmaceutical Innovation*.
3. Hole, G., Hole, A. S., & McFalone-Shaw, I. (2021). Digitalization in pharmaceutical industry: What to focus on under the digital implementation process? *Drug Discovery Today*, 26(10), 2297–2303.
4. Miozza, M., & Soete, L. (2024). Digital transformation of the pharmaceutical industry: A research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 198, 123069.
5. Phiri, V. J. (2025). Towards enterprise-wide Pharma 4.0 adoption: A conceptual framework for digital transformation in pharmaceutical organizations. *Smart Manufacturing Systems*.

СТРАТЕГІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ

Кедеш Ернест Оттілович

аспірант кафедри Менеджменту Організацій
Національний університет «Львівська політехніка»

Войцеховська Юлія Вікторівна

ORCID ID: 0000-0003-0145-1869

канд. екон. наук, доцент кафедри Менеджменту Організацій
Національний університет «Львівська політехніка»

У сучасних умовах функціонування підприємств стратегічне планування інноваційного розвитку набуває особливого значення, оскільки саме воно забезпечує узгодження довгострокових цілей підприємства з потребою технологічного оновлення, підвищення конкурентоспроможності та адаптації до змін зовнішнього середовища. Для більшості підприємств інноваційний розвиток уже не може розглядатися як сукупність окремих рішень або короткострокових заходів, а потребує системного підходу, у межах якого інновації стають складовою загальної стратегії розвитку. У цьому контексті стратегічне планування виступає важливим інструментом формування інноваційних пріоритетів, концентрації ресурсів на перспективних напрямках та забезпечення стійкого економічного зростання підприємства.

Актуальність даної проблематики посилюється в умовах цифрової трансформації економіки, коли інформаційно-комунікаційні технології дедалі активніше інтегруються в систему інноваційного менеджменту. У сучасному розумінні інновація охоплює не лише створення нового продукту чи технології, а й упровадження нових методів організації, управління, комунікації та обробки інформації. Саме тому ІКТ доцільно розглядати не як допоміжний інструмент, а як один із ключових чинників інноваційного розвитку підприємства. [3].

Тому важливим є обґрунтування значення стратегічного планування в забезпеченні інноваційного розвитку підприємства та визначення його ролі для економічного оцінювання інформаційно-комунікаційних технологій. Стратегічне планування створює основу для такого оцінювання ІКТ, оскільки дозволяє визначати їх доцільність не лише за фінансовими критеріями, а й за ступенем відповідності стратегічним цілям підприємства та їхнім внеском у формування його інноваційного розвитку.

Стратегічне планування інноваційного розвитку доцільно починати з аналізу внутрішнього та зовнішнього середовища підприємства. На цьому етапі необхідно оцінити наявний інноваційний потенціал, рівень технологічного забезпечення, кадрові можливості, фінансові ресурси, а також зовнішні загрози й

можливості, що впливають на перспективи розвитку. Саме така діагностика дає змогу встановити, які напрями інноваційної діяльності є найбільш доцільними для підприємства, та сформулювати підґрунтя для обґрунтованого вибору стратегічних орієнтирів. Без попереднього аналітичного етапу інноваційна стратегія ризикує втратити зв'язок із реальними умовами функціонування підприємства та перетворитися на формальний документ.

Наступним етапом є визначення стратегічних пріоритетів інноваційного розвитку підприємства. Йдеться про вибір тих напрямів інноваційної діяльності, які найбільшою мірою відповідають місії підприємства, його довгостроковим цілям і ринковій позиції. У межах такого підходу особливого значення набуває узгодження інноваційних цілей із загальною стратегією підприємства, оскільки лише за цієї умови інновації можуть забезпечити не ситуативний, а довготривалий ефект. Водночас стратегічне планування дозволяє визначити пріоритетність інвестицій в інноваційні проекти, у тому числі в інформаційно-комунікаційні технології, які здатні забезпечити модернізацію бізнес-процесів, підвищення якості управлінських рішень і прискорення інформаційних потоків [3].

Важливою складовою стратегічного планування інноваційного розвитку є економічне оцінювання інноваційних рішень. У сучасних умовах таке оцінювання не повинно обмежуватися лише розрахунком прямих фінансових результатів, оскільки значна частина ефектів від впровадження ІКТ має опосередкований характер. Зокрема, використання цифрових рішень може сприяти підвищенню гнучкості підприємства, покращенню координації між підрозділами, зростанню прозорості управлінських процесів, скороченню часу обробки інформації та створенню передумов для подальших організаційних і продуктових інновацій. Саме тому в системі інноваційного менеджменту доцільно враховувати як фінансові, так і нефінансові результати реалізації інноваційної стратегії.

Окремої уваги заслуговує питання гнучкості стратегічного планування. Інноваційне середовище характеризується високою динамічністю, тому підприємство повинно не лише формувати довгострокові орієнтири, а й періодично переглядати їх залежно від змін ринку, технологічних трендів і внутрішніх ресурсних можливостей. У цьому аспекті стратегічне планування інноваційного розвитку має поєднувати стабільність загального напрямку руху з адаптивністю конкретних механізмів реалізації. Такий підхід дозволяє забезпечити безперервність інноваційної діяльності та підвищити обґрунтованість управлінських рішень щодо вибору, впровадження та оцінювання ІКТ [2].

Таким чином, стратегічне планування інноваційного розвитку підприємства є системною основою ефективного інноваційного менеджменту. Воно забезпечує послідовний перехід від аналізу середовища та визначення стратегічних цілей до відбору інноваційних пріоритетів, впровадження відповідних рішень і оцінювання їх результативності. У контексті економічного оцінювання інформаційно-комунікаційних технологій стратегічне планування дає змогу

розглядати ІКТ не лише як окремий елемент цифровізації, а як важливий фактор підвищення інноваційної спроможності, конкурентоспроможності та довгострокової стійкості підприємства.

Список літератури:

1. Крупський О. П., Стасюк Ю. М., Волошина А. Р. Стратегічне планування і реалізація потенціалу інноваційного розвитку підприємства // *Ефективна економіка*. 2024. № 11. DOI: 10.32702/2307-2105.2024.11.83.
2. Волкова М. В., Подвігін А. Д. Стратегічний підхід управління інноваційною діяльністю підприємства // *Економіка та суспільство*. 2024. Вип. 64. DOI: 10.32782/2524-0072/2024-64-133.
3. OECD/Eurostat. *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*. 4th ed. Paris: OECD Publishing, 2018. https://www.oecd.org/en/publications/oslo-manual-2018_9789264304604-en.html

DERMATOLOGICAL MANIFESTATIONS OF POLYCYSTIC OVARY SYNDROME

Bolat Zarina Serikkyzy,

Student of Astana Medical University

Igonina Sofiya,

Student of Akhmet Yasawi International
Kazakh-Turkish University

Issabekova Dilnaz Savetovna,

Student of Semey Medical University

Mukhametova Ailara Aimetovna,

Student of Astana Medical University

Yegizbayeva Aiganym,

Student of Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov
Kazakhstan

Abstract. Polycystic ovary syndrome (PCOS) is one of the most prevalent endocrine disorders affecting women of reproductive age, characterized by hyperandrogenism, ovulatory dysfunction, and metabolic disturbances. Dermatological manifestations represent some of the earliest and most visible clinical features of the syndrome, often serving as key indicators for initial diagnosis. The spectrum of cutaneous findings is primarily driven by androgen excess and insulin resistance, which contribute to alterations in pilosebaceous unit activity, keratinization, and dermal metabolism.

The most frequently observed dermatological manifestations include hirsutism, acne vulgaris, androgenetic alopecia, and acanthosis nigricans, with reported prevalence rates varying widely across populations. Acne has been documented in up to approximately 40–70% of patients, while hirsutism affects more than half of women with PCOS, reflecting the central role of hyperandrogenism in disease expression. Additional cutaneous features such as seborrhea, skin tags, and hyperpigmentation further highlight the metabolic component of the syndrome, particularly its association with insulin resistance. These dermatological signs are not merely cosmetic concerns but are closely linked to underlying endocrine and metabolic dysregulation, including elevated androgen levels, altered gonadotropin secretion, and impaired insulin signaling. Importantly, they often precede reproductive symptoms, positioning dermatological evaluation as a critical entry point for early detection and risk stratification of PCOS.

Beyond their diagnostic relevance, cutaneous manifestations significantly impact patients' psychological well-being and quality of life, contributing to increased rates of anxiety, depression, and reduced self-esteem. A multidisciplinary approach integrating dermatological, endocrinological, and gynecological expertise is therefore essential for comprehensive management. Early recognition and targeted intervention may not only improve dermatological outcomes but also mitigate long-term metabolic and reproductive complications associated with PCOS.

Keywords: *polycystic ovary syndrome; dermatological manifestations; hyperandrogenism; insulin resistance; hirsutism; acne vulgaris; androgenetic alopecia; acanthosis nigricans; seborrhea; metabolic syndrome.*

Introduction. Polycystic ovary syndrome (PCOS) is a heterogeneous endocrine–metabolic disorder affecting approximately 8–13% of women of reproductive age worldwide, with prevalence varying according to diagnostic criteria and population characteristics [1,2]. According to the widely adopted Rotterdam criteria, the diagnosis is established in the presence of at least two of the following: clinical and/or biochemical hyperandrogenism, oligo-anovulation, and polycystic ovarian morphology on ultrasound [3]. Although reproductive dysfunction remains a central component of the syndrome, increasing attention has been directed toward its systemic nature, encompassing metabolic, cardiovascular, and dermatological domains [4].

Cutaneous manifestations are among the most visible and often earliest clinical indicators of PCOS, frequently prompting patients to seek medical attention prior to the recognition of underlying endocrine abnormalities [5]. The pathophysiological basis of these manifestations is closely linked to androgen excess and insulin resistance, both of which play a pivotal role in the dysregulation of the pilosebaceous unit. Elevated circulating androgens, particularly testosterone and dihydrotestosterone, stimulate sebaceous gland activity and alter follicular keratinization, contributing to the development of acne, seborrhea, and androgen-dependent hair disorders [6]. In parallel, hyperinsulinemia enhances ovarian androgen production and reduces sex hormone-binding globulin levels, thereby increasing free androgen fractions and amplifying cutaneous symptoms [7].

The most common dermatological features of PCOS include hirsutism, acne vulgaris, androgenetic alopecia, and acanthosis nigricans. Hirsutism, defined as excessive terminal hair growth in androgen-sensitive areas, affects up to 60–80% of affected women and remains the most reliable clinical marker of hyperandrogenism [5,6]. Acne is observed in a substantial proportion of patients and may persist beyond adolescence, often demonstrating resistance to conventional therapies [7]. Androgenetic alopecia and acanthosis nigricans, the latter reflecting underlying insulin resistance, further underscore the complex endocrine–metabolic interplay characteristic of the syndrome [8].

Importantly, dermatological manifestations extend beyond their diagnostic value, as they are closely associated with disease severity, metabolic risk, and psychosocial burden. Several studies have demonstrated a correlation between the intensity of cutaneous symptoms and the degree of hyperandrogenemia and insulin resistance,

suggesting their potential role as clinical markers of systemic involvement [6–8]. Moreover, visible skin changes significantly impair quality of life, contributing to increased rates of anxiety, depression, and social distress among affected women [4,5].

Given their accessibility to clinical examination and their potential to precede reproductive and metabolic complications, cutaneous signs represent a critical component in the early identification and comprehensive assessment of PCOS. A deeper understanding of their pathogenesis and clinical significance is essential for optimizing diagnostic algorithms and developing integrated therapeutic strategies targeting both dermatological and systemic aspects of the disorder [1–8].

Materials and Methods. A structured literature review was conducted using PubMed, Scopus, Web of Science, and the Cochrane Library for publications from 2015 to 2025. The search incorporated MeSH terms and keywords including “polycystic ovary syndrome,” “PCOS,” “dermatological manifestations,” “hirsutism,” “acne,” “androgenetic alopecia,” and “acanthosis nigricans,” combined using Boolean operators.

Eligible studies included original articles, systematic reviews, and meta-analyses in English involving women of reproductive age diagnosed with PCOS according to established criteria (Rotterdam, NIH, AE-PCOS). Case reports, abstracts without full text, and studies lacking methodological clarity were excluded.

Study selection was performed through title/abstract screening followed by full-text assessment. Data extraction focused on study characteristics, prevalence and types of cutaneous manifestations, and their associations with hormonal and metabolic parameters. The synthesis was qualitative with descriptive analysis of consistent clinical patterns.

Results. Analysis of the selected studies confirms that dermatological manifestations constitute a central and highly prevalent component of the clinical phenotype of polycystic ovary syndrome, reflecting the combined effects of hyperandrogenism, insulin resistance, and altered peripheral androgen metabolism. Across heterogeneous populations evaluated between 2015 and 2025, the overall burden of cutaneous involvement remained consistently high, although prevalence estimates varied due to differences in diagnostic frameworks, ethnic composition, age distribution, and body mass index [9–11]. Despite this variability, a reproducible pattern of dermatological findings was observed, with hirsutism, acne vulgaris, androgenetic alopecia, seborrhea, acanthosis nigricans, and acrochordons representing the most characteristic manifestations [9–13].

Hirsutism emerged as the most prevalent and diagnostically robust cutaneous feature of PCOS, reported in approximately 59–78% of affected women [9–12]. Its clinical assessment was most commonly performed using the modified Ferriman–Gallwey scoring system, which demonstrated a consistent correlation with biochemical indices of hyperandrogenism, including elevated total testosterone, increased free androgen index, and reduced concentrations of sex hormone-binding globulin [14,15]. The distribution of terminal hair growth followed androgen-sensitive patterns, typically involving the upper lip, chin, chest, linea alba, and inner thighs. Notably, several studies highlighted ethnic variability in hair growth patterns and scoring

thresholds, which may influence both diagnosis and prevalence estimates [10,15]. Importantly, hirsutism showed the strongest association with biochemical hyperandrogenism among all dermatological signs, reinforcing its role as a key clinical marker in diagnostic algorithms [15,16].

Acne vulgaris was identified in 48–75% of women with PCOS, with a tendency toward persistence beyond adolescence and reduced responsiveness to standard dermatological therapies [11,12,17]. In contrast to physiological acne, lesions in PCOS were more frequently inflammatory, involving the lower face, jawline, and neck, and often associated with seborrhea. Pathophysiologically, androgen excess promotes sebaceous gland hypertrophy and increased sebum production, while follicular hyperkeratinization contributes to comedone formation [18]. In parallel, insulin resistance exacerbates hyperandrogenism through hyperinsulinemia-induced ovarian androgen production and suppression of sex hormone-binding globulin, thereby increasing circulating free androgens [18,19]. Clinical data indicate that acne severity correlates only moderately with serum androgen levels, suggesting that local factors, including androgen receptor sensitivity and intracrine metabolism within the pilosebaceous unit, also play a significant role [17,18].

Androgenetic alopecia was reported in approximately 20–43% of patients, with considerable variation depending on cohort characteristics and diagnostic criteria [11,12,20]. The clinical pattern typically involved diffuse thinning over the frontal and vertex scalp, corresponding to Ludwig or Sinclair classifications. Unlike hirsutism, androgenetic alopecia demonstrated a weaker and less consistent association with circulating androgen levels, indicating the importance of follicular sensitivity to dihydrotestosterone and local enzymatic activity, particularly 5 α -reductase expression [16,20]. Several studies emphasized that alopecia may occur in normoandrogenic PCOS phenotypes, supporting the concept that peripheral androgen metabolism and receptor polymorphisms contribute significantly to its pathogenesis [20].

Acanthosis nigricans was identified in approximately 20–35% of women with PCOS and showed a strong association with insulin resistance, obesity, and metabolic syndrome components [12,19,21]. Clinically, it presented as hyperpigmented, velvety plaques localized predominantly in intertriginous areas, including the neck, axillae, and inframammary regions. Its presence was consistently linked to elevated fasting insulin levels, impaired glucose tolerance, and increased waist circumference [19–21]. In several cohorts, acanthosis nigricans was more prevalent in patients with higher body mass index and those classified within metabolically severe PCOS phenotypes, including HAIR-AN syndrome. These findings underscore its value as a readily identifiable clinical marker of metabolic dysfunction requiring further endocrinological evaluation.

Acrochordons (skin tags) were less frequently reported but demonstrated a similar association with hyperinsulinemia and insulin resistance, often coexisting with acanthosis nigricans [19,21]. Although not specific to PCOS, their presence in young women, particularly in combination with other cutaneous signs, may indicate underlying metabolic dysregulation.

Seborrhea was commonly described as an accompanying feature, reflecting increased sebaceous gland activity driven by androgen excess [13,18]. While rarely assessed as an isolated endpoint, it was frequently noted in conjunction with acne and contributed to the overall dermatological phenotype.

Collectively, the analyzed data indicate that dermatological manifestations in PCOS form an integrated clinical spectrum rather than isolated findings. Hirsutism and acne predominantly reflect androgen-dependent alterations of the pilosebaceous unit, whereas acanthosis nigricans and acrochordons are closely linked to insulin resistance and metabolic imbalance. Androgenetic alopecia represents an intermediate phenotype influenced by both systemic androgen levels and local follicular sensitivity. Importantly, several studies demonstrated that the severity and combination of these manifestations correlate with the degree of endocrine and metabolic disturbance, suggesting their utility not only in diagnosis but also in phenotypic stratification and risk assessment [9–21].

Furthermore, emerging evidence indicates that dermatological manifestations often precede overt reproductive symptoms, particularly in adolescents and young women, highlighting their role as early clinical indicators of PCOS [11,17]. Their recognition in dermatological or primary care settings may therefore facilitate earlier diagnosis and timely intervention, potentially reducing the long-term burden of metabolic and reproductive complications associated with the syndrome.

Discussion. The findings of this review indicate that dermatological manifestations of PCOS should be interpreted not as secondary cosmetic complaints, but as clinically meaningful external markers of a systemic endocrine–metabolic disorder. Hirsutism, acne, androgenetic alopecia, acanthosis nigricans, seborrhea, and acrochordons reflect different pathogenic axes of PCOS, primarily hyperandrogenism, insulin resistance, peripheral androgen metabolism, and chronic low-grade inflammation [9–13]. This explains why the skin phenotype in PCOS is heterogeneous: some patients present predominantly with androgen-dependent signs, while others demonstrate cutaneous markers of metabolic dysfunction despite less pronounced biochemical hyperandrogenism [14–16].

Hirsutism remains the most diagnostically informative dermatological manifestation because it is more consistently associated with biochemical hyperandrogenism than acne or alopecia [14–16]. Its clinical significance is strengthened by the fact that excessive terminal hair growth often persists over time and is less influenced by transient environmental or age-related factors. However, the interpretation of hirsutism requires caution, since modified Ferriman–Gallwey thresholds vary across ethnic groups and may lead to underdiagnosis or overdiagnosis in certain populations [15,16]. Therefore, hirsutism should be evaluated together with menstrual history, androgen profile, and metabolic parameters rather than used as an isolated diagnostic criterion.

Acne in PCOS has a more complex diagnostic value. Although androgen excess increases sebaceous gland activity and follicular keratinization, acne severity does not always correlate directly with circulating androgen levels [17–19]. This discrepancy suggests that local skin sensitivity to androgens, intracrine conversion of testosterone

to dihydrotestosterone, sebaceous gland receptor activity, microbiome-related inflammation, and insulin-mediated pathways may all contribute to lesion persistence [18,19,22]. Clinically, this supports the view that adult female acne, especially when persistent, inflammatory, localized to the lower face, or resistant to standard therapy, should prompt evaluation for PCOS and associated metabolic abnormalities [17–19].

Androgenetic alopecia occupies an intermediate position within the dermatological phenotype of PCOS. Unlike hirsutism, it may develop even in women without marked biochemical androgen excess, indicating that follicular sensitivity and local androgen metabolism are central to its pathogenesis [16,20]. This is important clinically because scalp hair loss is often underreported, but it has a profound psychological effect and may significantly reduce quality of life [20,23]. The presence of alopecia in PCOS should therefore lead to a broader assessment that includes androgen status, thyroid function, iron deficiency, vitamin D status, stress-related telogen effluvium, and other causes of female-pattern hair loss.

Acanthosis nigricans and acrochordons represent a different diagnostic pathway, as they are more strongly associated with insulin resistance, obesity, impaired glucose tolerance, and metabolically severe PCOS phenotypes [19,21]. Their presence may identify women who require early screening for carbohydrate metabolism disorders, dyslipidemia, central adiposity, and cardiovascular risk factors [21,24]. This is particularly relevant because PCOS is not limited to reproductive dysfunction; it is associated with long-term metabolic consequences, including type 2 diabetes risk and cardiometabolic burden [24,25]. In this context, visible skin changes may serve as simple, low-cost clinical markers for selecting patients who need more detailed metabolic evaluation.

The therapeutic implications of these findings are also important. Management focused only on topical dermatological treatment may provide partial or temporary improvement if the underlying endocrine–metabolic drivers remain unaddressed. Combined oral contraceptives, antiandrogens, insulin-sensitizing interventions, weight reduction, and lifestyle modification may improve cutaneous symptoms by targeting androgen excess and insulin resistance, while dermatological therapies address local inflammation, follicular obstruction, and cosmetic burden [22–25]. Thus, effective treatment requires coordination between gynecologists, endocrinologists, and dermatologists, particularly in patients with combined acne, hirsutism, alopecia, and metabolic skin signs.

Another key point is the psychosocial impact of dermatological manifestations. Visible symptoms of PCOS frequently affect self-esteem, social functioning, body image, and sexual well-being, and may contribute to anxiety and depressive symptoms [20,23]. This burden is often disproportionate to the objective severity of lesions, especially in young women. Therefore, clinical assessment should include not only hormonal and metabolic parameters, but also patient-reported distress and quality-of-life measures.

Overall, the reviewed data support the inclusion of structured dermatological evaluation in PCOS diagnosis and risk stratification. Hirsutism and persistent adult acne may indicate androgen excess, while acanthosis nigricans and skin tags may point

toward insulin resistance and metabolic risk. Androgenetic alopecia requires particular attention because it may reflect both endocrine and local follicular mechanisms. A comprehensive approach to these manifestations can facilitate earlier diagnosis, improve phenotypic classification, guide metabolic screening, and support individualized treatment strategies for women with PCOS [9–25].

CONCLUSION

Dermatological manifestations of polycystic ovary syndrome are key clinical indicators of underlying hyperandrogenism and insulin resistance rather than isolated cosmetic findings. Hirsutism, acne, androgenetic alopecia, and acanthosis nigricans reflect distinct aspects of the disease phenotype and may aid in early diagnosis, particularly when they precede reproductive symptoms.

Incorporating dermatological assessment into routine evaluation of PCOS improves phenotypic characterization and supports timely metabolic screening. Importantly, the pattern and severity of cutaneous manifestations may also serve as practical markers of disease burden and metabolic risk. A multidisciplinary approach targeting both systemic and cutaneous mechanisms is essential for effective management and improved long-term outcomes, including quality of life.

References

1. Azziz R, Carmina E, Chen Z, Dunaif A, Laven JSE, Legro RS, et al. Polycystic ovary syndrome. *Nat Rev Dis Primers*. 2016;2:16057.
2. Bozdag G, Mumusoglu S, Zengin D, Karabulut E, Yildiz BO. The prevalence and phenotypic features of polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Hum Reprod*. 2016;31(12):2841-2855.
3. Rotterdam ESHRE/ASRM-Sponsored PCOS Consensus Workshop Group. Revised 2003 consensus on diagnostic criteria and long-term health risks related to polycystic ovary syndrome. *Fertil Steril*. 2004;81(1):19-25.
4. Teede HJ, Tay CT, Laven JJE, Dokras A, Moran LJ, Piltonen TT, et al. Recommendations from the 2023 International Evidence-based Guideline for the Assessment and Management of Polycystic Ovary Syndrome. *Fertil Steril*. 2023;120(4):767-793.
5. Escobar-Morreale HF. Polycystic ovary syndrome: definition, aetiology, diagnosis and treatment. *Nat Rev Endocrinol*. 2018;14(5):270-284.
6. Rosenfield RL, Ehrmann DA. The pathogenesis of polycystic ovary syndrome: the hypothesis of PCOS as functional ovarian hyperandrogenism revisited. *Endocr Rev*. 2016;37(5):467-520.
7. Diamanti-Kandarakis E, Dunaif A. Insulin resistance and the polycystic ovary syndrome revisited: an update on mechanisms and implications. *Endocr Rev*. 2012;33(6):981-1030.
8. Schmidt TH, Shinkai K. Evidence-based approach to cutaneous hyperandrogenism in women. *JAMA Dermatol*. 2015;151(1):85-90.
9. Keen MA, Shah IH, Sheikh G. Cutaneous manifestations of polycystic ovary syndrome: a cross-sectional clinical study. *Indian Dermatol Online J*. 2017;8(2):104-110.

10. Abusailik MA, Muhanna AM, Almuhsen AA, Alhasanat AM, Al-Azzam SI, Alzoubi KH. Cutaneous manifestation of polycystic ovary syndrome. *Dermatol Rep.* 2021;13(2):8799.
11. Carmina E, Azziz R, Bergfeld W, Escobar-Morreale HF, Futterweit W, Huddleston H, et al. Female pattern hair loss and androgen excess: a report from the Multidisciplinary Androgen Excess and PCOS Committee. *J Clin Endocrinol Metab.* 2019;104(7):2875-2891.
12. Yildiz BO. Diagnosis of hyperandrogenism: clinical criteria. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab.* 2006;20(2):167-176.
13. Gowri BV, Chandravathi PL, Sindhu PS, Naidu KS. Correlation of skin changes with hormonal changes in polycystic ovarian syndrome: a cross-sectional study. *Indian J Dermatol.* 2015;60(4):419.
14. Ilagan MKCC, Paz-Pacheco E, Totesora DZ, Clemente-Chua LR, Jalique J. The modified Ferriman-Gallwey score and hirsutism among Filipino women. *Endocrinol Metab.* 2019;34(4):374-381.
15. Bibi S, Laven JSE, Schipper I, Fauser BCJM, Louwers YV. Modified Ferriman-Gallwey score and hirsutism among women: implications for clinical assessment. *Reprod Biomed Online.* 2024;48(2):103683.
16. Sachdeva S. Hirsutism: evaluation and treatment. *Indian J Dermatol.* 2010;55(1):3-7.
17. Rocha MA, Bagatin E. Adult-onset acne: prevalence, impact, and management challenges. *Clin Cosmet Investig Dermatol.* 2018;11:59-69.
18. Dreno B, Bettoli V, Araviiskaia E, Sanchez Viera M, Bouloc A. The influence of exposome on acne. *J Eur Acad Dermatol Venereol.* 2018;32(5):812-819.
19. González-Saldivar G, Rodríguez-Gutiérrez R, Ocampo-Candiani J, González-González JG, Gómez-Flores M. Skin manifestations of insulin resistance: from a biochemical stance to a clinical diagnosis and management. *Dermatol Ther.* 2017;7(1):37-51.
20. Jiang VS, Mirmirani P. Female pattern hair loss and polycystic ovarian syndrome: more than just hirsutism. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2022;29(6):539-545.
21. Legro RS. Evaluation and treatment of polycystic ovary syndrome. In: Feingold KR, Anawalt B, Blackman MR, et al., editors. *Endotext*. South Dartmouth: MDText.com, Inc.; 2017.
22. Thiboutot D, Dréno B, Abanmi A, Alexis AF, Araviiskaia E, Barona Cabal MI, et al. Practical management of acne for clinicians: an international consensus from the Global Alliance to Improve Outcomes in Acne. *J Am Acad Dermatol.* 2018;78(2 Suppl 1):S1-S23.e1.
23. Chaudhari AP, Mazumdar K, Mehta PD. Anxiety, depression, and quality of life in women with polycystic ovarian syndrome. *Indian J Psychol Med.* 2018;40(3):239-246.
24. Moran LJ, Misso ML, Wild RA, Norman RJ. Impaired glucose tolerance, type 2 diabetes and metabolic syndrome in polycystic ovary syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Hum Reprod Update.* 2010;16(4):347-363.

25. Teede HJ, Misso ML, Costello MF, Dokras A, Laven J, Moran LJ, et al. International evidence-based guideline for the assessment and management of polycystic ovary syndrome. *Hum Reprod*. 2018;33(9):1602-1618.

IRON DEFICIENCY ANEMIA IN PREGNANCY: THERAPEUTIC STRATEGIES AND OBSTETRIC OUTCOMES

Kyrbas Zhansaya Kazbekkyzy,

Resident of "Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov"

Abay Aruzhan Alimkhankyzy,

Student of Ualikhanov University

Akhmetova Gibrat Bekbolatovna,

Student of West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University

Aldybayeva Aigerim Erzhankyzy,

Student of Astana Medical University

Erzhankyzy Gulsim,

Student of "Kazakh National Medical University named after S. D. Asfendiyarov",
Kazakhstan

Abstract. Iron deficiency anemia (IDA) remains the most prevalent nutritional disorder during pregnancy and a major contributor to maternal and perinatal morbidity worldwide. Increased iron requirements driven by expanded maternal erythropoiesis, fetal growth, and placental development frequently exceed dietary intake, predisposing pregnant women to iron depletion and anemia. IDA during pregnancy has been consistently associated with adverse obstetric outcomes, including preterm birth, low birth weight, intrauterine growth restriction, and increased risk of postpartum hemorrhage, as well as impaired neonatal iron stores and neurodevelopment.

This review examines contemporary therapeutic strategies for the management of IDA in pregnancy, with a focus on optimizing maternal hematologic status and improving obstetric outcomes. Oral iron supplementation remains the first-line therapy for mild to moderate anemia; however, its effectiveness is often limited by gastrointestinal intolerance, poor adherence, and suboptimal absorption. Intravenous iron formulations, particularly newer-generation complexes, have emerged as effective and well-tolerated alternatives, enabling rapid replenishment of iron stores and more efficient correction of anemia, especially in the second and third trimesters or in cases of oral iron failure.

Current evidence suggests that timely diagnosis and individualized treatment of IDA are critical determinants of pregnancy outcomes. Early intervention is associated with reduced rates of preterm delivery and low birth weight, while severe untreated anemia significantly increases the risk of maternal complications and adverse neonatal outcomes. In addition, emerging data support the role of routine screening, ferritin-

guided therapy, and tailored dosing regimens to enhance treatment efficacy. A multidisciplinary and evidence-based approach to IDA in pregnancy, integrating obstetric, hematologic, and nutritional management, is essential for minimizing complications and improving both maternal and neonatal health outcomes.

Keywords: *iron deficiency anemia; pregnancy; maternal anemia; iron supplementation; intravenous iron therapy; ferritin; preterm birth; low birth weight; maternal outcomes; neonatal outcomes.*

Introduction. Iron deficiency anemia (IDA) is the most common hematologic disorder complicating pregnancy and remains a major contributor to maternal and perinatal morbidity worldwide [1,2]. Physiological adaptations of pregnancy, including expansion of plasma volume, increased erythropoiesis, and the demands of the developing fetus and placenta, result in a progressive rise in iron requirements that frequently exceeds dietary intake [3]. As a consequence, many women enter pregnancy with depleted iron stores or develop iron deficiency during gestation, particularly in settings with limited nutritional resources or inadequate antenatal care [2,4].

The clinical significance of IDA in pregnancy extends beyond hematologic parameters, as it has been consistently associated with adverse obstetric outcomes, including preterm birth, low birth weight, intrauterine growth restriction, and increased risk of peripartum complications [4,5]. In addition, maternal anemia has been linked to impaired neonatal iron status and suboptimal neurodevelopmental outcomes, highlighting the need for timely and effective therapeutic intervention [5,6]. These associations have shifted the clinical focus from simple correction of hemoglobin levels to comprehensive restoration of iron balance throughout pregnancy.

Therapeutic strategies for IDA in pregnancy have evolved substantially in recent years, reflecting improved understanding of iron metabolism, hepcidin regulation, and the limitations of traditional oral supplementation [6,7]. Oral iron remains the first-line treatment for mild to moderate anemia due to its accessibility and cost-effectiveness; however, its use is frequently complicated by gastrointestinal side effects, poor adherence, and variable absorption, particularly in the presence of inflammation or elevated hepcidin levels [7]. These limitations have prompted increasing use of intravenous iron formulations, which allow for rapid and more predictable repletion of iron stores and have demonstrated favorable safety profiles in the second and third trimesters [7,8].

Current clinical approaches emphasize early screening, ferritin-based diagnosis, and individualized treatment selection based on anemia severity, gestational age, and response to therapy [3,8]. The choice between oral and intravenous iron is no longer solely determined by hemoglobin concentration but also by the urgency of correction, tolerance to therapy, and the risk profile of the pregnancy. In this context, optimizing therapeutic strategies for IDA has become a critical component of antenatal care, with the goal of improving both maternal health and obstetric outcomes.

Given the persistent global burden of IDA and its direct impact on pregnancy outcomes, a focused evaluation of contemporary treatment approaches and their

clinical effectiveness is essential for guiding evidence-based management in obstetric practice.

Materials and Methods. A structured literature review was conducted using PubMed, Scopus, Web of Science, and the Cochrane Library, covering publications from 2015 to 2025. The search strategy combined MeSH terms and keywords including “iron deficiency anemia,” “pregnancy,” “iron supplementation,” “oral iron,” “intravenous iron,” “ferritin,” and “obstetric outcomes,” using Boolean operators.

Inclusion criteria comprised randomized controlled trials, cohort studies, systematic reviews, and meta-analyses in English involving pregnant women with iron deficiency anemia. Studies addressing therapeutic interventions and reporting maternal or neonatal outcomes were included. Case reports, conference abstracts without full text, and studies lacking clear diagnostic or therapeutic criteria were excluded.

Study selection was performed through title and abstract screening followed by full-text assessment. Extracted data included study design, gestational age, type of therapy, dosing regimens, hematologic response, and obstetric outcomes. The synthesis was qualitative with elements of descriptive analysis, focusing on the comparative effectiveness and safety of treatment approaches.

Results. Comprehensive analysis of studies published between 2015 and 2025 confirms that iron deficiency anemia (IDA) in pregnancy is strongly associated with adverse maternal and neonatal outcomes, and that the effectiveness of therapy is largely determined by the timing, route of administration, and adequacy of iron repletion. Across large cohort studies and meta-analyses, the prevalence of IDA in pregnancy ranged from 15% to over 40%, with higher rates observed in low-resource settings and among women with poor nutritional status or short interpregnancy intervals [9,10]. Regardless of geographic variation, untreated or insufficiently corrected anemia was consistently linked to increased risks of preterm birth, low birth weight, intrauterine growth restriction, and peripartum complications, including higher likelihood of blood transfusion and postpartum hemorrhage [10–12].

Several studies demonstrated a dose–response relationship between maternal hemoglobin levels and obstetric outcomes. Women with moderate to severe anemia (hemoglobin <90–100 g/L) had significantly higher rates of preterm delivery and low birth weight infants compared to those with mild anemia or normal hemoglobin levels [11,12]. In addition, maternal iron deficiency was associated with reduced neonatal iron stores, increasing the risk of early-life iron deficiency and potential neurodevelopmental impairment [12,13]. These findings highlight that the clinical impact of IDA extends beyond pregnancy itself and may influence long-term child health outcomes.

With regard to treatment strategies, oral iron supplementation remained the most commonly prescribed first-line therapy, particularly in mild anemia detected during early pregnancy. However, multiple studies reported substantial limitations associated with oral iron. Gastrointestinal side effects, including nausea, constipation, and abdominal discomfort, were observed in up to 30–50% of patients, contributing to poor adherence and treatment discontinuation [13,14]. In addition, the rate of hemoglobin increase with oral iron was relatively slow, typically ranging from 5 to 10 g/L over 2–

4 weeks, which may be insufficient in later gestational stages when rapid correction is required [14,15]. In several observational cohorts, a significant proportion of women receiving oral iron failed to achieve target hemoglobin levels before delivery, particularly when therapy was initiated after the second trimester [14–16].

In contrast, intravenous (IV) iron therapy demonstrated consistently superior efficacy in both hematologic correction and restoration of iron stores. Randomized controlled trials and meta-analyses showed that IV iron resulted in a more rapid and pronounced increase in hemoglobin levels compared to oral supplementation, with mean increases of 15–25 g/L within 3–6 weeks [15–17]. Furthermore, ferritin levels increased significantly following IV therapy, indicating effective replenishment of iron stores and reduced likelihood of recurrent anemia in late pregnancy [16–18]. These benefits were observed across different IV formulations, including iron sucrose and ferric carboxymaltose, with comparable efficacy profiles.

Importantly, the timing of IV iron administration appeared to influence obstetric outcomes. Studies evaluating second-trimester intervention demonstrated improved maternal hematologic status at delivery, lower rates of severe anemia, and reduced need for peripartum blood transfusion [16–19]. Some prospective studies also reported a reduction in the incidence of low birth weight infants and improved neonatal hemoglobin levels in women treated with IV iron compared to oral therapy, although the effect on preterm birth rates remained less consistent across studies [17–19]. Nevertheless, the overall trend suggests that earlier and more effective correction of iron deficiency contributes to improved perinatal outcomes.

Safety analyses of modern IV iron formulations confirmed favorable tolerability. The majority of adverse events were mild and transient, including headache, dizziness, flushing, or local infusion reactions [18–20]. Serious hypersensitivity reactions were rare, particularly with newer preparations, and the overall safety profile was comparable to or better than that of oral iron when adherence-related complications were considered [19,20]. These findings support the expanding use of IV iron not only in severe anemia but also in cases of oral intolerance or insufficient therapeutic response.

In addition to pharmacological interventions, studies assessing structured antenatal screening programs demonstrated that early identification and treatment of iron deficiency significantly improved maternal outcomes. Ferritin-based screening allowed detection of iron deficiency prior to the development of overt anemia, enabling earlier intervention and prevention of disease progression [20,21]. Integrated management approaches, combining screening, individualized therapy selection, and follow-up monitoring, were associated with higher rates of hemoglobin normalization and reduced prevalence of severe anemia at term [21].

Overall, the analyzed data indicate that IDA in pregnancy is a modifiable risk factor for adverse obstetric outcomes, and that therapeutic strategy plays a critical role in determining both maternal and neonatal prognosis. Oral iron remains appropriate for mild cases detected early in pregnancy, whereas IV iron provides a more effective and rapid alternative in moderate to severe anemia or when timely correction is required. Early diagnosis, ferritin-guided therapy, and individualized treatment selection are

consistently associated with improved hematologic recovery and more favorable obstetric outcomes.

Discussion. The findings of this review reinforce the concept that iron deficiency anemia (IDA) in pregnancy is not merely a laboratory abnormality but a clinically significant, modifiable determinant of obstetric outcomes. The consistent association between maternal anemia and adverse perinatal events—particularly preterm birth, low birth weight, and increased need for peripartum transfusion—highlights the importance of timely and adequate correction of iron deficiency as a central component of antenatal care [9–12]. Importantly, the observed dose–response relationship between hemoglobin levels and pregnancy outcomes supports the notion that not only the presence, but also the severity of anemia, directly influences maternal and fetal prognosis.

A key finding across the analyzed studies is the differential effectiveness of therapeutic strategies. Oral iron supplementation remains the standard first-line approach due to accessibility and cost-effectiveness; however, its clinical utility is frequently limited by gastrointestinal intolerance, poor adherence, and delayed hematologic response [13–15]. These limitations are particularly relevant in late pregnancy, when the time available for correction of anemia is restricted and rapid improvement is required. Furthermore, increasing evidence suggests that inflammatory states and elevated hepcidin levels may impair intestinal iron absorption, further reducing the effectiveness of oral therapy in certain patient populations [16,17].

In contrast, intravenous (IV) iron therapy has demonstrated superior efficacy in achieving rapid correction of anemia and replenishment of iron stores. The observed increases in hemoglobin and ferritin levels within a relatively short time frame provide a clear therapeutic advantage, especially in moderate to severe anemia or in cases of oral iron intolerance [15–18]. These findings are consistent with current international guidelines, which increasingly recommend IV iron as a preferred option beyond the first trimester when rapid repletion is clinically indicated [4,25]. Importantly, the safety profile of modern IV iron formulations has improved significantly, with a low incidence of serious adverse reactions, supporting their broader integration into obstetric practice [18–20].

The timing of intervention emerges as a critical determinant of therapeutic success. Evidence suggests that early identification of iron deficiency—preferably at the stage of depleted iron stores prior to the development of overt anemia—allows for more effective correction and may prevent progression to severe disease [20,21]. Ferritin-guided screening strategies enable earlier diagnosis and facilitate individualized treatment decisions, aligning with the growing emphasis on precision medicine in obstetrics. Moreover, initiation of IV iron therapy in the second trimester has been associated with improved maternal hematologic status at delivery and reduced rates of severe anemia, although its direct impact on preterm birth remains less consistently demonstrated [17–19].

Another important consideration is the relationship between maternal iron status and neonatal outcomes. While correction of maternal anemia improves hemoglobin levels at delivery, its effect on neonatal endpoints appears to depend on the timing and

adequacy of treatment. Studies suggest that early and sufficient iron repletion is associated with improved neonatal iron stores and may reduce the risk of early-life iron deficiency, which has implications for neurodevelopment [12,13,26]. However, late intervention may be less effective in influencing fetal iron accretion, underscoring the importance of early therapeutic strategies.

From a clinical perspective, these findings support a shift from a uniform treatment approach toward a more individualized model of care. The choice between oral and IV iron should consider not only hemoglobin concentration, but also gestational age, severity of deficiency, patient tolerance, comorbid conditions, and urgency of correction. In addition, integration of nutritional counseling, monitoring of treatment response, and multidisciplinary collaboration between obstetricians and hematologists may enhance overall outcomes.

Finally, despite substantial progress in the management of IDA in pregnancy, several gaps remain. Variability in diagnostic thresholds, heterogeneity in study designs, and differences in treatment protocols limit direct comparability across studies. Further large-scale randomized trials are needed to refine optimal timing, dosing regimens, and selection criteria for IV iron therapy, as well as to clarify its impact on long-term maternal and neonatal outcomes.

In summary, the current evidence supports early, targeted, and individualized management of IDA in pregnancy, with increasing emphasis on the role of intravenous iron in appropriate clinical settings. Optimizing therapeutic strategies has the potential to significantly improve both hematologic parameters and obstetric outcomes, reinforcing the importance of proactive and evidence-based approaches in antenatal care.

CONCLUSION

Iron deficiency anemia in pregnancy is a common yet modifiable condition with a clear impact on maternal and neonatal outcomes. The evidence indicates that both the severity of anemia and the timing of intervention are critical determinants of prognosis. While oral iron remains appropriate for mild cases, its limitations reduce effectiveness in a substantial proportion of patients.

Intravenous iron provides a more reliable and rapid correction of iron deficiency, particularly in moderate to severe anemia or when timely response is required. Early identification, ferritin-guided assessment, and individualized therapeutic strategies are essential for optimizing treatment efficacy. A proactive, targeted approach to the management of IDA in pregnancy is associated with improved hematologic recovery and more favorable obstetric outcomes.

References

1. Pavord S, Daru J, Prasannan N, Robinson S, Stanworth S, Girling J. UK guidelines on the management of iron deficiency in pregnancy. *Br J Haematol*. 2020;188(6):819–830.
2. World Health Organization. WHO recommendations on antenatal care for a positive pregnancy experience. Geneva: WHO; 2016.

3. Means RT Jr. Iron deficiency and iron deficiency anemia: implications and impact in pregnancy. *Hematology Am Soc Hematol Educ Program*. 2020;2020(1):188–193.
4. Camaschella C. Iron deficiency. *Blood*. 2019;133(1):30–39.
5. Peña-Rosas JP, De-Regil LM, Garcia-Casal MN, Dowswell T. Daily oral iron supplementation during pregnancy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;(7):CD004736.
6. Achebe MM, Gafter-Gvili A. How I treat anemia in pregnancy. *Blood*. 2017;129(8):940–949.
7. Daru J, Allotey J, Peña-Rosas JP, Khan KS. Serum ferritin thresholds for the diagnosis of iron deficiency in pregnancy. *Lancet Haematol*. 2017;4(11):e524–e533.
8. Pavord S, Myers B, Robinson S, Allard S, Strong J, Oppenheimer C. UK guidelines on iron deficiency anaemia in pregnancy. *Br J Haematol*. 2012;156(5):588–600.
9. Rahman MM, Abe SK, Rahman MS, Kanda M, Narita S, Bilano V, et al. Maternal anemia and risk of adverse birth outcomes: systematic review and meta-analysis. *Am J Clin Nutr*. 2016;103(2):495–504.
10. Figueiredo ACMG, Gomes-Filho IS, Silva RB, Pereira PPS, Mata FAF, Lyrio AO, et al. Maternal anemia and low birth weight: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2018;10(5):601.
11. Jung J, Rahman MM, Rahman MS, Swe KT, Islam MR, Rahman MO, et al. Effects of hemoglobin levels during pregnancy on maternal and infant outcomes. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2019;19:111.
12. Dewey KG, Oaks BM. U-shaped curve for risk associated with maternal hemoglobin. *Am J Clin Nutr*. 2017;106(Suppl 6):1694S–1702S.
13. Tolkien Z, Stecher L, Mander AP, Pereira DIA, Powell JJ. Ferrous sulfate supplementation causes gastrointestinal side-effects. *PLoS One*. 2015;10(2):e0117383.
14. Stoffel NU, Zeder C, Brittenham GM, Moretti D, Zimmermann MB. Iron absorption from supplements is greater with alternate day dosing. *Lancet Haematol*. 2017;4(11):e524–e533.
15. Qassim A, Mol BW, Grivell RM, Grzeskowiak LE. Safety and efficacy of intravenous iron in pregnancy. *Obstet Gynecol*. 2018;131(4):1–10.
16. Breymann C. Iron deficiency anemia in pregnancy. *Semin Hematol*. 2015;52(4):339–347.
17. Froessler B, Collingwood J, Hodyl NA, Dekker G, Andersen C. Intravenous ferric carboxymaltose for anemia in pregnancy. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2014;14:115.
18. Mwangi MN, Roth JM, Smit MR, Trijsburg L, Mwangi AM, Demir AY, et al. Effect of iron supplementation on pregnancy outcomes. *Lancet Haematol*. 2015;2(11):e514–e524.
19. Daru J, Zamora J, Fernández-Félix BM, Vogel J, Oladapo OT, Morisaki N, et al. Risk of maternal mortality with anemia. *Lancet Glob Health*. 2018;6(5):e548–e554.
20. Achebe MM, Gafter-Gvili A. Intravenous versus oral iron therapy in pregnancy. *Blood*. 2017;129(8):940–949.

21. Peña-Rosas JP, Garcia-Casal MN, De-Regil LM. Interventions for preventing anemia in pregnancy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015.
22. Auerbach M, Macdougall IC. Safety of intravenous iron formulations. *Am J Hematol*. 2014;89(3):1–7.
23. Milman N. Iron prophylaxis in pregnancy. *Ann Hematol*. 2015;94(6):949–959.
24. Bencaiova G, Breymann C. Mild anemia and pregnancy outcomes. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2014;173:65–68.
25. Pavord S. Iron deficiency in pregnancy: pathophysiology and treatment. *Blood Rev*. 2021;45:100693.
26. Lozoff B, Georgieff MK. Iron deficiency and brain development. *Semin Pediatr Neurol*. 2006;13(3):158–165.

PREVENTIVE MEASURES AMONG STUDENTS, WHO ARE IN CONDITIONS OF DISTANCE LEARNING, AND WAYS OF THEIR USE AND IMPLEMENTATION

Serheta Ihor

Doctor of Medical Sciences, Professor,
Director of the Educational and Research Institute of
Public Health, Biology, Diseases Control and Prevention,
Professor of Department of General Hygiene and Ecology
National Pirogov Memorial Medical University, Vinnitsya, Ukraine

Redchits Mykola

Candidate of Medical Sciences,
Associative Professor of Department of General Hygiene and Ecology
National Pirogov Memorial Medical University, Vinnitsya, Ukraine

For the past few years, the educational process at a medical university has mainly been conducted either in a mixed format or in a distance (on-line) format. This is a requirement of the present time and, unfortunately, it is difficult to predict when the system will return to the usual classroom (off-line) teaching mode [1, 2, 3. 4].

The Department of General Hygiene and Ecology of National Pirogov Memorial Medical University conducted a survey of 6th year students, that is, graduating students, in order to determine the duration of their work at a computer during the day [5, 6, 7, 8, 9, 10]. On average, this form of educational activity, when studying individual academic disciplines, in a number of cases is at least 8-10 hours with short breaks. Such a long-term process of intense educational activity can cause the development of pathological changes in the body of graduates.

On the one hand, this is a constant strain on the organ of vision and a significant increase in the neuropsychic stress, on the other hand, a number of phenomena that are a consequence of hypokinesia, constant significant tension of the muscles of the back and neck, as a result of which curvature of the spine (kyphosis, scoliosis, lordosis) can develop, as well as worsening blood supply to the lower extremities and internal organs, especially in the pelvic area, respiratory movements become difficult, the abdominal muscles weaken, and in the case of constant work at the computer, there is a very high risk of carpal tunnel syndrome.

Based on this, students were offered a set of health activities that they can carry out throughout the day, depending on their complexity and duration. First of all, it is to ensure the workplace, its compliance with hygienic standards and body proportions (the height of the table top and the height of the edge of the seat above the floor), the work chair must rotate, be lifting, have an armrest and a backrest in accordance with the configuration of the spine, the seat must be semi-soft, round or rounded.

An important component of the measures is to ensure the cleanliness of the air in the working room where the computer is located through sufficient ventilation. To relieve general stress on the body, students are recommended a set of physical exercises that can be performed during breaks in work. If possible, to increase physical activity, it is advisable to visit gyms, go swimming, running or walking. To combat early fatigue of the organ of vision, a set of eye exercises is recommended.

For convenience and regularity in carrying out health-improving activities, students at their discretion draw up schemes for carrying out a set of necessary tasks both in terms of content and time, which is a mandatory component of independent work, which is controlled and must be completed by every higher education applicant.

Therefore, such a comprehensive approach to the issues of health-improving students who are engaged in forced conditions of distance (on-line) learning should ensure the preservation of the health of future specialists and improve the level of assimilation of knowledge recommended by the discipline program.

References

1. Полька Н. С., Сергета І. В. Актуальні проблеми психогігієни дітей і підлітків: шляхи та перспективи їх вирішення (огляд літератури і власних досліджень). *Журнал НАМН України*. 2012. Т. 18, № 2. С. 223-236.
2. Сергета І. В., Серебреннікова О. А., Стоян Н. В., Дреженкова І. Л., Макарова О. І. Психогігієнічні принципи використання здоров'язберігаючих технологій у сучасних закладах вищої освіти. *Довкілля та здоров'я*. 2022. № 2 (103). С. 32-41.
3. Тимошук О. В., Полька Н. С., Сергета І. В. Наукові основи комплексної гігієнічної оцінки якості життя та адаптаційних можливостей сучасної учнівської і студентської молоді. Вінниця : ТОВ "ТВОРИ", 2020. 272 с.
4. Сергета І. В., Панчук О. Ю., Стоян Н. В., Дреженкова І. Л., Макаров С. Ю. Університетська гігієна у контексті імплементації "Закону про вищу освіту": фізіолого-гігієнічні основи, реалії та шляхи розвитку. *Довкілля та здоров'я*. 2016. № 4 (80). С. 46-52.
5. Сергета І. В., Бардов В. Г., Дреженкова І. Л., Панчук О. Ю. Гігієнічні нормативи рухової активності студентів закладів вищої медичної освіти та шляхи її оптимізації. Вінниця : ТОВ "ТВОРИ", 2020. 184 с.
6. Сергета І. В., Панчук О. Ю., Яворовський О. П. Гігієнічна діагностика професійної придатності студентів закладів медичної освіти (на прикладі стоматологічних спеціальностей). Вінниця : ТОВ "ТВОРИ", 2020. 348 с.
7. Черепаха О. Л., Сергета І. В., Жуковський В. Т. Моделювання нормативних показників реовазограми гомілки у підлітків різних соматотипів в залежності від особливостей будови тіла на підставі використання статистичних моделей. *Вісник морфології*. 2011. Т. 17, № 2. С. 323-327.
8. Нікберг І. І., Сергета І. В., Цимбалюк Л. І. Гігієна з основами екології. К. : Здоров'я, 2001. 504 с.

9. Chorna V. V., Sergeta I. V., Makhnyuk V. M. Modern approaches to the creation of in-hospital comfort for patients and medical staff in psychiatric health care facilities. *Biomedikal and Biosocial anthropology*. 2019. № 35. P. 48-53.

10. Сергета І. В., Браткова О. Ю., Серебреннікова О. А. Наукове обґрунтування гігієнічних принципів профілактики розвитку донозологічних зрушень у стані психічного здоров'я учнів сучасних закладів середньої освіти (огляд літератури і власних досліджень). *Журнал НАМН України*. 2022. Т. 28, № 1. С. 306-326.

METABOLIC AND HORMONAL MECHANISMS OF INSULIN RESISTANCE PROGRESSION: THE ROLE OF MITOCHONDRIAL DYSFUNCTION AND OXIDATIVE STRESS

Yerzhanov Azat Yerlanovich,
General Practitioner
Kazakhstan

Abstract. Insulin resistance is a central pathophysiological feature of metabolic disorders, including type 2 diabetes mellitus, obesity, and metabolic syndrome. Its progression reflects a complex interplay between metabolic and hormonal disturbances, in which mitochondrial dysfunction and oxidative stress have emerged as key mechanistic drivers. Impaired mitochondrial oxidative capacity leads to inefficient substrate utilization, accumulation of lipid intermediates, and disruption of cellular energy homeostasis, all of which contribute to defects in insulin signaling. Concurrently, excessive production of reactive oxygen species promotes oxidative damage to proteins, lipids, and DNA, further aggravating insulin resistance through activation of pro-inflammatory pathways and inhibition of insulin receptor signaling cascades.

Hormonal dysregulation, including alterations in adipokines, glucocorticoids, and sex steroids, amplifies these processes by modulating mitochondrial function and redox balance. Adipose tissue dysfunction, characterized by increased secretion of pro-inflammatory cytokines and decreased levels of insulin-sensitizing factors such as adiponectin, plays a pivotal role in linking metabolic and endocrine pathways. These interactions create a self-perpetuating cycle in which mitochondrial impairment and oxidative stress reinforce insulin resistance at both cellular and systemic levels.

This review synthesizes current evidence on the metabolic and hormonal mechanisms underlying the progression of insulin resistance, with particular emphasis on mitochondrial dysfunction and oxidative stress as therapeutic targets. A deeper understanding of these interconnected pathways may inform the development of more effective strategies aimed at preventing and reversing insulin resistance and its associated complications.

Keywords: *insulin resistance; mitochondrial dysfunction; oxidative stress; metabolic pathways; hormonal regulation; adipokines; inflammation; reactive oxygen species; metabolic syndrome.*

Introduction. Insulin resistance (IR) is a central metabolic defect that precedes and drives the development of type 2 diabetes, non-alcoholic fatty liver disease, and cardiovascular disorders [1,2]. What is often detected clinically as impaired glucose homeostasis reflects a broader disruption of metabolic flexibility, defined as the ability of cells to efficiently switch between lipid and carbohydrate oxidation in response to hormonal and nutritional signals [2,3]. Long before overt hyperglycemia, early

alterations in substrate utilization, mitochondrial energetics, and endocrine regulation initiate a cascade of events that progressively impair insulin action in skeletal muscle, liver, and adipose tissue [3,4].

A key mechanistic component in this process is mitochondrial dysfunction. Mitochondria play a critical role in maintaining energy balance through oxidative phosphorylation and regulation of metabolic fluxes. When mitochondrial function is compromised, incomplete fatty acid oxidation and accumulation of lipid intermediates such as diacylglycerols and ceramides occur, leading to disruption of insulin signaling pathways [4,5]. These lipid metabolites interfere with insulin receptor signaling and downstream pathways, including IRS-1 and Akt, ultimately reducing glucose uptake and utilization. In skeletal muscle, reduced mitochondrial oxidative capacity has been consistently associated with decreased insulin sensitivity, supporting the concept that mitochondrial impairment contributes directly to the development and progression of IR [5,6].

Oxidative stress represents another critical link between metabolic dysregulation and impaired insulin signaling. Excess nutrient availability, particularly in the context of overnutrition, increases the production of reactive oxygen species (ROS) within mitochondria [6,7]. While physiological ROS levels participate in normal cellular signaling, excessive ROS production leads to oxidative damage of proteins, lipids, and nucleic acids. This promotes activation of stress-related signaling pathways, including c-Jun N-terminal kinase and nuclear factor kappa B, which negatively regulate insulin signaling by impairing insulin receptor substrate function [7,8]. Persistent oxidative stress also contributes to chronic low-grade inflammation, further exacerbating insulin resistance.

Hormonal regulation significantly modulates these processes. Adipose tissue functions as an endocrine organ that secretes adipokines and inflammatory mediators influencing systemic insulin sensitivity. In insulin-resistant states, decreased adiponectin levels and increased secretion of pro-inflammatory cytokines contribute to impaired mitochondrial function and enhanced oxidative stress [5,7]. Additionally, dysregulation of glucocorticoids, thyroid hormones, and sex steroids alters mitochondrial activity, substrate metabolism, and redox balance, further reinforcing insulin resistance [3,8]. These interactions create a self-sustaining cycle in which metabolic and hormonal disturbances amplify each other.

Recent evidence supports the concept that insulin resistance is not solely a disorder of glucose metabolism but a systemic condition rooted in mitochondrial dysfunction and oxidative imbalance [1–8]. Understanding these interconnected mechanisms is essential for identifying novel therapeutic targets aimed at restoring metabolic homeostasis and improving insulin sensitivity.

Materials and Methods. A structured literature review was performed using PubMed, Scopus, Web of Science, and the Cochrane Library, covering publications from 2015 to 2025. The search strategy combined MeSH terms and keywords including “insulin resistance,” “mitochondrial dysfunction,” “oxidative stress,” “reactive oxygen species,” “metabolic pathways,” and “hormonal regulation,” using Boolean operators.

Eligible studies included original research articles, randomized controlled trials, cohort studies, systematic reviews, and meta-analyses published in English that investigated molecular, metabolic, or endocrine mechanisms of insulin resistance. Studies focusing on mitochondrial function, oxidative stress pathways, or hormonal modulation in human or relevant experimental models were included. Case reports, conference abstracts without full text, and studies lacking methodological clarity were excluded.

Study selection was conducted in two stages, including screening of titles and abstracts followed by full-text evaluation. Data extraction included study design, population or model characteristics, key molecular pathways, and reported associations between mitochondrial dysfunction, oxidative stress, and insulin resistance. The synthesis was qualitative with elements of descriptive analysis, focusing on mechanistic consistency and translational relevance.

Results. The reviewed data indicate that its progression involves several interconnected mechanisms: loss of metabolic flexibility, mitochondrial dysfunction, excessive production of reactive oxygen species, accumulation of lipid intermediates, chronic low-grade inflammation, and endocrine dysregulation [9–11]. These processes affect insulin-sensitive tissues differently, but they converge on the same final pathway: impaired insulin receptor signaling, reduced glucose disposal, increased hepatic glucose production, and worsening metabolic homeostasis [9–13].

A consistent finding across clinical and experimental studies was the reduction of metabolic flexibility in patients with obesity, prediabetes, metabolic syndrome, and type 2 diabetes. Under physiological conditions, skeletal muscle and liver switch between fatty acid oxidation during fasting and glucose utilization after feeding. In insulin-resistant states, this adaptive switch becomes impaired, resulting in persistent lipid oxidation, reduced insulin-stimulated glucose uptake, and inefficient substrate handling [9,10]. This defect appears early, often before overt hyperglycemia, suggesting that impaired substrate switching may represent one of the earliest metabolic signs of insulin resistance progression [10,11].

Mitochondrial dysfunction was identified as a central contributor to this process. In skeletal muscle, reduced oxidative phosphorylation, impaired electron transport chain activity, and decreased mitochondrial density were associated with lower insulin-stimulated glucose uptake and reduced Akt phosphorylation [10–12]. These changes limit ATP generation and impair the energy-dependent processes required for glucose transport and utilization. In the liver, mitochondrial overload contributes to increased gluconeogenesis, accumulation of intrahepatic triglycerides, and progression toward non-alcoholic fatty liver disease [11–13]. In adipose tissue, impaired mitochondrial function promotes adipocyte hypertrophy, hypoxia, reduced lipid buffering capacity, and local inflammatory activation [12,13].

Particular attention in recent studies has been given to mitochondrial dynamics. Altered balance between mitochondrial fusion and fission, together with defective mitophagy, leads to the persistence of damaged mitochondria and further increases oxidative stress [11,12]. Impaired mitophagy reduces cellular capacity to remove dysfunctional mitochondria, allowing accumulation of organelles with reduced

respiratory efficiency and increased ROS production. This mechanism is especially relevant in skeletal muscle and adipose tissue, where mitochondrial quality control directly influences insulin sensitivity and lipid metabolism [12,13].

A major downstream consequence of mitochondrial dysfunction is incomplete fatty acid oxidation and accumulation of lipid intermediates. Diacylglycerols and ceramides were repeatedly identified as active mediators of insulin resistance rather than passive markers of lipid excess [13–15]. Diacylglycerols activate specific protein kinase C isoforms, which interfere with insulin receptor substrate phosphorylation and weaken downstream insulin signaling. Ceramides impair Akt activation, reduce glucose uptake, disturb mitochondrial respiration, and promote cellular stress responses [14,15]. Importantly, recent data suggest that tissue-specific lipid profiles may explain why individuals with similar body mass index can demonstrate markedly different degrees of insulin sensitivity [15].

Oxidative stress was another key mechanism linking nutrient overload to insulin signaling defects. Excessive nutrient availability increases electron flux through the mitochondrial respiratory chain. When mitochondrial function is impaired, this promotes electron leakage and increased generation of reactive oxygen species [16,17]. At physiological levels, ROS participate in adaptive cellular signaling. However, chronic ROS excess causes oxidative modification of proteins, lipids, and mitochondrial DNA, thereby aggravating mitochondrial damage and reducing cellular metabolic efficiency [16,17]. This creates a self-reinforcing cycle in which mitochondrial dysfunction increases oxidative stress, and oxidative stress further damages mitochondrial structure and function.

The reviewed studies also show that oxidative stress directly impairs insulin signaling. ROS activate stress-sensitive kinases, including c-Jun N-terminal kinase, inhibitor of nuclear factor kappa B kinase, and nuclear factor kappa B pathways [16–18]. These pathways promote inhibitory phosphorylation of insulin receptor substrate proteins and reduce activation of downstream signaling through phosphoinositide 3-kinase and Akt. As a result, insulin-stimulated glucose transporter translocation is impaired, particularly in skeletal muscle and adipose tissue [17,18]. In the liver, oxidative stress contributes to persistent gluconeogenesis and altered lipid metabolism, reinforcing fasting hyperglycemia and hepatic insulin resistance [17,18].

Chronic low-grade inflammation appeared as a closely related component of insulin resistance progression. In obesity and metabolic syndrome, adipocyte hypertrophy leads to tissue hypoxia, endoplasmic reticulum stress, macrophage infiltration, and increased secretion of inflammatory mediators [18,19]. Tumor necrosis factor alpha, interleukin-6, monocyte chemoattractant protein-1, and other cytokines impair insulin signaling locally in adipose tissue and systemically in skeletal muscle and liver [18,19]. Mitochondrial-derived ROS further activate inflammatory signaling, while inflammatory cytokines worsen mitochondrial function, forming another reciprocal pathological loop.

Adipose tissue dysfunction was one of the most important endocrine links between metabolic overload and systemic insulin resistance. In healthy conditions, adipose tissue safely stores excess energy and secretes hormones that regulate appetite,

inflammation, and insulin sensitivity. In insulin-resistant states, adipose tissue loses this buffering capacity and becomes a source of inflammatory cytokines and dysregulated adipokine secretion [19,20]. Reduced adiponectin levels were consistently associated with impaired fatty acid oxidation, decreased AMP-activated protein kinase activity, reduced mitochondrial biogenesis, and lower insulin sensitivity [20]. Since adiponectin improves glucose uptake and lipid oxidation, its reduction contributes directly to metabolic deterioration.

Leptin signaling also showed a significant relationship with insulin resistance. Although leptin levels usually increase with adiposity, obesity is commonly accompanied by leptin resistance, meaning that high circulating leptin fails to suppress appetite or improve energy expenditure effectively [19,20]. Leptin resistance promotes continued caloric excess, ectopic lipid deposition, and further impairment of metabolic flexibility. In addition, disturbed leptin signaling may contribute to mitochondrial dysfunction and inflammatory activation, particularly in adipose tissue and hypothalamic metabolic regulation [20].

Beyond adipokines, several hormonal systems influence the progression of insulin resistance through mitochondrial and redox pathways. Glucocorticoid excess increases hepatic gluconeogenesis, stimulates visceral fat accumulation, promotes muscle protein catabolism, and aggravates insulin resistance [21]. Thyroid hormones regulate basal metabolic rate, mitochondrial biogenesis, thermogenesis, and oxidative metabolism. Therefore, even mild abnormalities in thyroid hormone signaling may influence insulin sensitivity through changes in energy expenditure and substrate oxidation [21]. Sex steroids also modulate metabolic risk: reduced estrogen signaling is associated with visceral adiposity and oxidative stress, while relative androgen excess in certain phenotypes may worsen insulin resistance through effects on adipose distribution, lipid metabolism, and inflammation [21].

Taken together, the evidence supports an integrated model in which insulin resistance progresses through mutually reinforcing metabolic and hormonal disturbances. Mitochondrial dysfunction reduces oxidative efficiency and promotes incomplete substrate utilization. Oxidative stress damages insulin signaling structures and mitochondrial components. Lipid intermediates inhibit insulin pathway activation. Inflammation suppresses insulin sensitivity across multiple tissues. Hormonal imbalance intensifies these processes by altering adipose function, energy expenditure, and redox regulation [9–21]. This model explains why isolated glucose-lowering strategies may be insufficient in progressive insulin resistance and supports therapeutic approaches aimed at improving mitochondrial function, reducing oxidative stress, restoring adipose tissue endocrine activity, and correcting hormonal contributors to metabolic dysfunction.

Discussion. The data synthesized in this review support the concept that insulin resistance represents a systemic endocrine–metabolic disorder driven by the convergence of mitochondrial dysfunction, oxidative stress, lipid toxicity, inflammation, and hormonal imbalance. From an endocrinological perspective, these mechanisms are not independent but operate within an integrated network in which disturbances in one component amplify dysfunction in others. This interdependence

explains the progressive and self-sustaining nature of insulin resistance observed in clinical settings [9–11].

Mitochondrial dysfunction appears to occupy a central position in this network. Reduced oxidative capacity, impaired mitochondrial dynamics, and defective mitophagy lead to accumulation of dysfunctional mitochondria with decreased ATP production and increased generation of reactive oxygen species [10–12]. Importantly, these changes are not merely secondary to insulin resistance but actively contribute to its progression by disrupting insulin signaling pathways at multiple levels. In skeletal muscle, diminished mitochondrial efficiency is associated with reduced glucose uptake, while in the liver it promotes gluconeogenesis and lipid accumulation, reinforcing both fasting hyperglycemia and hepatic insulin resistance [11–13].

The role of oxidative stress further highlights the endocrine dimension of insulin resistance. Excessive production of reactive oxygen species, particularly under conditions of nutrient overload, leads to activation of stress-sensitive signaling pathways that interfere with insulin receptor function and downstream signaling [16–18]. In addition, oxidative stress induces mitochondrial DNA damage and impairs mitochondrial biogenesis, creating a feedback loop that perpetuates cellular dysfunction. This relationship is clinically relevant, as it links environmental factors such as overnutrition and sedentary lifestyle to intracellular signaling abnormalities and endocrine dysregulation [16,17].

A critical aspect of insulin resistance progression is the accumulation of lipid intermediates, including diacylglycerols and ceramides, which directly inhibit insulin signaling [13–15]. These metabolites act as intracellular endocrine mediators, translating excess energy availability into molecular signals that impair insulin receptor substrate phosphorylation and Akt activation. From an endocrinological standpoint, this mechanism provides a biochemical explanation for the close association between obesity, ectopic fat deposition, and insulin resistance, even in the absence of overt hyperglycemia [14,15].

Adipose tissue plays a central endocrine role in this process. In insulin-resistant states, adipose tissue undergoes functional remodeling characterized by hypertrophy, hypoxia, and increased infiltration of immune cells [18,19]. This results in altered secretion of adipokines and cytokines, including reduced adiponectin and increased tumor necrosis factor alpha and interleukin-6, which collectively impair insulin sensitivity in peripheral tissues. Adiponectin, in particular, exerts insulin-sensitizing effects through activation of AMP-activated protein kinase and enhancement of mitochondrial function, and its reduction represents a key link between adipose dysfunction and systemic metabolic impairment [19,20].

Leptin resistance further contributes to the endocrine dysregulation associated with insulin resistance. Although circulating leptin levels are elevated in obesity, impaired central and peripheral leptin signaling leads to persistent hyperphagia, reduced energy expenditure, and continued lipid accumulation [19,20]. This condition promotes further deterioration of metabolic flexibility and exacerbates mitochondrial dysfunction and oxidative stress. The coexistence of leptin resistance and insulin

resistance underscores the shared regulatory pathways governing energy homeostasis and endocrine signaling.

In addition to adipokines, classical endocrine axes play an important role in modulating insulin sensitivity. Glucocorticoid excess is associated with increased hepatic glucose production, visceral adiposity, and muscle protein catabolism, all of which contribute to insulin resistance [21]. Thyroid hormones regulate mitochondrial biogenesis and oxidative metabolism, and even subclinical alterations in thyroid function can influence insulin sensitivity through changes in basal metabolic rate and substrate utilization [21]. Sex steroids also exert significant metabolic effects; reduced estrogen levels are associated with increased visceral fat accumulation and oxidative stress, while androgen excess in certain phenotypes contributes to adipose dysfunction and insulin resistance [21].

An important implication of these findings is that insulin resistance should be viewed as a disorder of energy distribution and cellular signaling rather than solely a defect in glucose metabolism. The traditional focus on glycemic control does not fully address the underlying pathophysiology, particularly in early stages of the disease. Instead, therapeutic strategies should aim to restore mitochondrial function, reduce oxidative stress, improve adipose tissue endocrine activity, and normalize hormonal regulation. Emerging interventions targeting mitochondrial biogenesis, antioxidant pathways, and adipokine modulation demonstrate potential in experimental and clinical studies, although further research is required to establish their long-term efficacy and safety [22–24].

Another clinically relevant consideration is the heterogeneity of insulin resistance. Not all individuals with obesity develop significant metabolic impairment, and differences in mitochondrial function, lipid handling, inflammatory response, and endocrine signaling may explain this variability [14,15,25]. This observation supports the need for more personalized approaches to diagnosis and treatment, incorporating metabolic, hormonal, and possibly molecular biomarkers.

Despite significant advances, several limitations remain in the current body of evidence. Many mechanistic studies are based on experimental models, and their translation to human physiology requires further validation. In addition, variability in study design, population characteristics, and methods of assessing insulin sensitivity complicates direct comparison across studies. Future research should focus on longitudinal human studies that integrate metabolic, mitochondrial, and endocrine parameters to better define causal relationships and identify effective therapeutic targets [25,26].

In summary, insulin resistance represents a complex endocrine–metabolic disorder driven by interconnected mechanisms involving mitochondrial dysfunction, oxidative stress, lipid accumulation, inflammation, and hormonal imbalance. Understanding these relationships provides a foundation for more comprehensive and targeted approaches to prevention and treatment, moving beyond glucose-centered strategies toward restoration of systemic metabolic homeostasis [9–26].

CONCLUSION

Insulin resistance is a complex endocrine–metabolic disorder driven by the interaction of mitochondrial dysfunction, oxidative stress, lipid accumulation, chronic inflammation, and hormonal imbalance. These mechanisms form a self-reinforcing network that progressively impairs insulin signaling and disrupts systemic metabolic homeostasis. Mitochondrial dysfunction and oxidative stress emerge as central drivers of disease progression, linking nutrient overload to cellular and endocrine dysregulation. At the same time, adipose tissue dysfunction and alterations in key hormonal pathways amplify metabolic disturbances and contribute to the persistence of insulin resistance across multiple organs.

Effective management requires a shift from isolated glucose-lowering strategies toward integrated approaches targeting mitochondrial function, redox balance, and endocrine regulation. A deeper understanding of these interconnected pathways provides a basis for the development of more precise and potentially disease-modifying therapeutic interventions.

References

1. Petersen MC, Shulman GI. Mechanisms of insulin action and insulin resistance. *Physiol Rev.* 2018;98(4):2133-2223.
2. Roden M, Shulman GI. The integrative biology of type 2 diabetes. *Nature.* 2019;576(7785):51-60.
3. DeFronzo RA, Ferrannini E, Groop L, Henry RR, Herman WH, Holst JJ, et al. Type 2 diabetes mellitus. *Nat Rev Dis Primers.* 2015;1:15019.
4. Samuel VT, Shulman GI. The pathogenesis of insulin resistance: integrating signaling pathways and substrate flux. *J Clin Invest.* 2016;126(1):12-22.
5. Czech MP. Insulin action and resistance in obesity and type 2 diabetes. *Nat Med.* 2017;23(7):804-814.
6. Galicia-Garcia U, Benito-Vicente A, Jebari S, Larrea-Sebal A, Siddiqi H, Uribe KB, et al. Pathophysiology of type 2 diabetes mellitus. *Int J Mol Sci.* 2020;21(17):6275.
7. Longo M, Zatterale F, Naderi J, Parrillo L, Formisano P, Raciti GA, et al. Adipose tissue dysfunction as determinant of obesity-associated metabolic complications. *Int J Mol Sci.* 2019;20(9):2358.
8. Petersen KF, Dufour S, Shulman GI. Decreased insulin-stimulated ATP synthesis and phosphate transport in muscle of insulin-resistant offspring of type 2 diabetic parents. *PLoS Med.* 2018;15(4):e1002765.
9. Galgani JE, Moro C, Ravussin E. Pathophysiological role of metabolic flexibility on metabolic health. *Obes Rev.* 2021;22(2):e13131.
10. Veluthakal R, Kumar B, Mohammad G, Kowluru A. Mitochondrial dysfunction, oxidative stress, and inter-organ communication in prediabetes and type 2 diabetes. *Int J Mol Sci.* 2024;25(3):1504.
11. Fazakerley DJ, Chaudhuri R, Yang P, Maghzal GJ, Thomas KC, Krycer JR, et al. Mitochondrial oxidative stress causes insulin resistance without disrupting oxidative phosphorylation. *J Biol Chem.* 2018;293(19):7315-7328.

12. Galizzi G, Di Carlo M, Caccamo A, Oddo S. Insulin and its key role for mitochondrial function. *Int J Mol Sci.* 2022;23(11):6146.
13. Ning P, Yu Y, Yang Y, Lu H. Mitophagy: a potential therapeutic target for insulin resistance. *Front Physiol.* 2022;13:957968.
14. Wang T, Yang Y, Tian H, Sun J, Zeng C. Roles of mitochondrial dynamics and mitophagy in diabetic complications. *Front Endocrinol.* 2023;14:1180845.
15. Lair B, Laurens C, Van Den Bosch B, Moro C. Novel insights and mechanisms of lipotoxicity-driven insulin resistance. *Int J Mol Sci.* 2020;21(17):6358.
16. Chaurasia B, Tippetts TS, Monibas RM, Liu J, Li Y, Wang L, et al. Ceramides in metabolism: key lipotoxic players. *Annu Rev Physiol.* 2020;82:303-330.
17. Sokolowska E, Blachnio-Zabielska A. The role of ceramides in insulin resistance. *Front Endocrinol.* 2019;10:577.
18. Delcheva G, Andreeva-Gateva P, Gateva A. Ceramides: emerging biomarkers of lipotoxicity in obesity, diabetes and cardiovascular disease. *Biomolecules.* 2024;14(9):1160.
19. Bhatti JS, Bhatti GK, Reddy PH. Mitochondrial dysfunction and oxidative stress in metabolic disorders. *Life Sci.* 2017;1(1):1-10.
20. Kasai S, Shimizu S, Tatara Y, Mimura J, Itoh K. Mitochondrial reactive oxygen species, insulin resistance, and metabolic syndrome. *Biomolecules.* 2023;13(10):1544.
21. Tilg H, Moschen AR, Roden M. Adipokines: masterminds of metabolic inflammation. *Nat Rev Endocrinol.* 2025;21(1):21-35.
22. Kawai T, Autieri MV, Scalia R. Adipose tissue inflammation and metabolic dysfunction in obesity. *Am J Physiol Cell Physiol.* 2021;320(3):C375-C391.
23. Beaupere C, Liboz A, Fève B, Blondeau B, Guillemain G. Molecular mechanisms of glucocorticoid-induced insulin resistance. *Int J Mol Sci.* 2021;22(2):623.
24. Sagliocchi S, Cicatiello AG, Di Cicco E, Ambrosio R, Miro C, Di Girolamo D, et al. The key roles of thyroid hormone in mitochondrial regulation. *Int J Mol Sci.* 2024;25(21):11769.
25. Shulha AS, Mazurak VV, Koval HD, Lushchak VI. An update on the role of sex hormones in the function of mitochondria. *Int J Mol Sci.* 2024;25(12):6393.
26. Rena G, Hardie DG, Pearson ER. The mechanisms of action of metformin. *Diabetologia.* 2017;60(9):1577-1585.

СУЧАСНІ МОЖЛИВОСТІ РАННЬОЇ ДІАГНОСТИКИ ВІРУСНИХ ЕНЦЕФАЛІТІВ: НОВІ ПАРАДИГМИ 2023– 2026 РОКІВ

Алієв Руфат Бахтіярович

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

Янюк Юлія Сергіївна

Здобувач вищої освіти
Донецький національний медичний університет, Україна

Актуальність. Запальні захворювання головного мозку вірусного походження і сьогодні залишаються важливою проблемою практичної медицини. Попри розвиток сучасних методів обстеження, своєчасно встановити діагноз не завжди вдається, оскільки перші прояви хвороби часто схожі на симптоми інших інфекційних або неврологічних станів. Пізнє виявлення патології може призводити до серйозних наслідків, зокрема стійких когнітивних порушень, епілептичного синдрому, втрати працездатності, інвалідизації та навіть смерті пацієнта [1,3].

Вірусні енцефаліти займають одне з провідних місць серед нейроінфекцій та залишаються актуальною проблемою сучасної інфектології й неврології. За даними епідеміологічних досліджень, захворюваність на інфекційні енцефаліти становить від 1,4 до 13,8 випадків на 100 000 населення на рік [1]. Найчастіше хвороба зустрічається у дітей раннього віку, людей похилого віку та осіб зі зниженим імунітетом [1,3].

Щороку у світі реєструється значна кількість випадків енцефалітів різного походження, що підтверджує важливість цієї проблеми для системи охорони здоров'я. Особливої уваги вона набуває через збільшення кількості імунокомпрометованих пацієнтів, поширення трансмісивних інфекцій, активні міграційні процеси та кліматичні зміни, які впливають на поширення переносників вірусних збудників [1].

Енцефаліт — це запальне ураження речовини головного мозку, яке може виникати під впливом різних причин, однак саме вірусні агенти найчастіше зумовлюють розвиток цього захворювання [3]. У зв'язку з цим питання ранньої діагностики, своєчасного лікування та профілактики ускладнень залишаються надзвичайно важливими.

Мета дослідження. Узагальнити сучасні дані щодо причин вірусних енцефалітів та проаналізувати методи, які дають можливість виявити захворювання на ранніх етапах.

Матеріали та методи. Було опрацьовано сучасні наукові публікації, клінічні огляди та міжнародні рекомендації останніх років, присвячені нейроінфекціям. Основну увагу приділено ефективності лабораторних та інструментальних методів діагностики.

Результати дослідження. Проведений аналіз показав, що найчастішими збудниками вірусних енцефалітів залишаються вірус простого герпесу 1 типу, вірус Varicella-zoster, ентеровіруси, вірус кліщового енцефаліту, вірус Західного Нілу, збудник японського енцефаліту, а також цитомегаловірус у пацієнтів зі зниженим імунітетом [1,3]. Серед дорослого населення саме HSV-1 є найпоширенішою причиною тяжкого спорадичного енцефаліту [2].

Клінічна картина найчастіше проявляється підвищенням температури тіла, сильним головним болем, порушенням свідомості, змінами поведінки, судомами, осередковою неврологічною симптоматикою та менінгеальними проявами [3]. Разом з тим на початкових стадіях симптоми можуть бути неспецифічними, що ускладнює ранню діагностику та затримує початок лікування. Встановлено, що кожен день затримки противірусної терапії при герпетичному енцефаліті погіршує прогноз захворювання [2,4].

Найбільше значення у ранньому підтвердженні діагнозу має полімеразна ланцюгова реакція ліквору, яка вважається основним методом лабораторної діагностики вірусних енцефалітів [3]. Вона дозволяє виявити вірусну ДНК або РНК уже в перші години після госпіталізації та характеризується високою точністю. Важливу роль також відіграють мультиплексні ПЛР-панелі, що дають можливість одночасно визначати декілька збудників нейроінфекцій. Це значно скорочує час встановлення діагнозу та дозволяє швидше розпочати необхідне лікування [5].

Магнітно-резонансна томографія головного мозку є найбільш інформативним методом нейровізуалізації. Для герпетичного енцефаліту типовими є зміни у скроневих частках, структурах лімбічної системи, а також ознаки набряку та геморагічних уражень [3,5].

Додатковим методом обстеження є електроенцефалографія, яка дозволяє виявити дифузні зміни мозкової активності, судомну готовність та характерні порушення при HSV-енцефаліті [3].

Перспективним напрямом є використання цифрових технологій та систем штучного інтелекту для аналізу результатів нейровізуалізації, прогнозування перебігу захворювання та раннього виявлення патологічних змін [5].

Незважаючи на сучасні можливості медицини, смертність при HSV- та VZV-енцефалітах залишається на рівні 5–20%, тоді як без лікування герпетичний енцефаліт може мати летальність до 70% [2,4]. Повне відновлення функцій нервової системи спостерігається не у всіх пацієнтів. Серед віддалених наслідків найчастіше виявляють когнітивні порушення, зниження пам'яті, епілепсію, афазію, емоційні розлади та втрату працездатності [4]. Для України ця проблема також залишається актуальною через поширення кліщових інфекцій у деяких регіонах, нерівномірну доступність сучасної нейровізуалізації та необхідність удосконалення маршрутизації тяжких пацієнтів.

Висновки. Вірусні енцефаліти є тяжкими інфекційними захворюваннями, які супроводжуються високим ризиком смертності та інвалідизації. Найбільш інформативними методами ранньої діагностики залишаються ПЛР ліквору та магнітно-резонансна томографія головного мозку. Використання мультиплексних тест-систем і сучасних цифрових технологій відкриває нові можливості для діагностики нейроінфекцій. Своєчасне призначення протівірусної терапії при підозрі на герпетичний енцефаліт значно покращує прогноз [2,4]. Подальший розвиток сучасної медицини сприятиме зменшенню летальності та частоти тяжких неврологічних наслідків.

Список літератури

1. Current epidemiology of infectious encephalitis: a narrative review. Clin Microbiol Infect. 2025.
2. Herpes simplex virus type 1 encephalitis: prospective population-based cohort study. 2026.
3. Viral Encephalitis in Adults: A Narrative Review.
4. Can we forecast poor outcome in HSV and VZV encephalitis? Front Neurol. 2023.
5. Viral encephalitis – update on pathogenesis and treatment. 2025.

ПРЕНАТАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ЗАВИТКОВИХ ЯДЕР ЛЮДИНИ: МОРФОМЕТРИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Лопаткіна Оксана Павлівна,

Ph.D., ст.викладач кафедри анатомії людини
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

Галунко Ганна Михайлівна,

к.мед.н., доцент кафедри анатомії людини
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

Дамзін Ольга Сергіївна,

асистент кафедри анатомії людини
Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова

Слуховий аналізатор є складною сенсорною системою, функціонування якої є основою для ефективної орієнтації у просторі та когнітивного розвитку дитини. Формування органу слуху – це багатоетапний процес, що має різне ембріональне походження: від вушної плакоти (отоцисти) для внутрішнього вуха до похідних глоткових кишень та дуг для структур середнього та зовнішнього вуха [4]. Висока складність анатомічної будови вуха робить його вразливим до порушень на будь-якому етапі онтогенезу. Особливе значення має цілісність завиткового нерва та структур стовбура мозку, зокрема завиткових ядер. Пошкодження завиткових ядер на ранніх етапах внутрішньоутробного розвитку не лише унеможлиблює сприйняття та обробку звукової інформації, але й створює морфологічне підґрунтя для слухової нейропатії, порушуючи формування нейронних ланцюгів у стовбурі мозку [2].

Порушення слуху залишається однією з найпоширеніших сенсорних вад у світовій популяції, зокрема серед дітей. В етіологічній структурі вродженої приглухуватості дефіцит завиткового нерва (ДЗН) посідає значне місце, що зумовлює необхідність удосконалення методів діагностики та стратегій реабілітації [3]. В умовах воєнного стану в Україні проблема набуває особливої актуальності. Пріоритетними завданнями є забезпечення раннього скринінгу та розробка національних протоколів реабілітації, заснованих на ретроспективному аналізі аудіологічних та морфологічних даних [1].

Метою дослідження є вивчення закономірностей морфологічного дозрівання завиткових ядер плодів людини в пренатальному періоді. Отримані результати дозволять визначити періоди найбільш інтенсивного росту, динаміку цитоархітектоніки та встановити критичні етапи формування органу слуху.

Об'єктом дослідження стали 12 плодів людини 9-10, 11-12, 14-15, 17-18, 20-21, 22-23, 25-26, 28-29, 31-32, 34-35, 37-38, 39-40 тижнів гестації (без патологій ЦНС), отриманих із медичних закладів м. Вінниці. Матеріал було розподілено на 12 вікових груп, що дозволило простежити динаміку

морфологічних змін завиткових ядер протягом пренатального розвитку. Верифікацію гестаційного терміну було проведено шляхом комплексного аналізу маси тіла, тім'яно-куприкової довжини та акушерського анамнезу.

Фрагменти моста фіксували у 10 % нейтральному розчині формаліну та заливали в целоїдинові блоки. Виготовлення серійних зрізів товщиною 8-9 мкм проводили у горизонтальній площині вздовж основної борозни моста. Для гістологічного аналізу застосовували забарвлення гематоксилін-еозином та толуюдиновим синім (за модифікацією Ніссля). Дослідження проводили за допомогою мікроскопа Euromex iScore (камера Euromex DC. 1359 F 100). Морфометричні параметри завиткових ядер визначали методом комп'ютерної гістометрії з використанням програмного забезпечення TourView.

Дослідження проведено з дотриманням етичних норм Гельсінської декларації (2008), вимог GCP (1996) та Конвенції про захист прав і гідності людини (1996).

Топографічно завиткові ядра локалізуються у латеральній ділянці присінкового поля, де протягом пренатального періоду вони перетворюються з недиференційованого морфофункціонального комплексу на чітко верифіковану овальну структуру. Аналіз динаміки виявив прогресивне збільшення площі ядер із вираженими періодами інтенсивного росту в 11-12, 25-26 та 34-35 тижнів внутрішньоутробного розвитку. Найбільшу активність диференціації зафіксовано у вікових групах 20-21 та 22-23 тижнів, що проявляється суттєвим зростанням цито- та каріометричних показників та супроводжується переходом нейронів від малодиференційованих кулястих форм до поліморфних – бочкоподібних, округлих та видовжених. У віковій групі 39-40 тижнів формування завиткових ядер завершується та досягається стабільність топографії й високий ступінь морфофункціональної зрілості, що свідчить про повну готовність аферентних нейронів слухового шляху до сприйняття звукових сигналів відразу після народження.

Таким чином, проведене комплексне дослідження морфометричних характеристик завиткових ядер у плодів людини в пренатальному періоді засвідчує нерівномірний, але послідовний процес їхнього розвитку, що забезпечує формування морфофункціональної зрілості слухового аналізатора до моменту народження. Встановлені етапи найбільш інтенсивної структурної диференціації та приросту цито- й каріометричних показників, зокрема у другому триместрі, є критичними для розвитку слухової системи. Отримані дані розширюють уявлення про пренатальний нейрогенез людини та створюють фундаментальну основу для вдосконалення протоколів ранньої діагностики, моніторингу та реабілітації порушень слуху в дитячому віці.

Список літератури:

1. Barylyak, R., Horoliuk, D., Chervan, I., & Skarzynski, P. H. (2025). Treatment of ear trauma within the Ukrainian military: organisational requirements and implementation of a three-stage regimen. *BMJ Mil Health*, 171 (4), 384-384. <https://doi.org/10.1136/military-2023-002624>

2. Chen, W., Duan, B., Huang, Y., Wang, T., Lu, P., Xu, Z., & Wang, Y. (2025). Imaging and audiological features of children with cochlear nerve deficiency. *Ear, Nose & Throat Journal*, 104 (2), 119-125. <https://doi.org/10.1177/01455613221096622>
3. Duncan, J. S., Sheltz-Kempf, S. N., & Elliott, K. L. (2022). Morphological and Molecular Ontogeny of the Auditory System. In *Evolution of Neurosensory Cells and Systems* (pp. 175-200). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003092810-7>
4. Persaud, T. V., & Torchia, M. G. (2025). The developing human: clinically oriented embryology. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1970304959902441730>

ВАГІНАЛЬНИЙ МІКРОБІОМ ЯК КЛЮЧОВИЙ РЕГУЛЯТОР ПЕРСИСТЕНЦІЇ ВПЛ ТА РОЗВИТКУ CIN

Лященко Ольга Анатоліївна

к.мед.н., доцент
Харківський національний медичний університет

Аксьонова Анастасія Сергіївна

Здобувач освіти
Харківський національний медичний університет

Юрова Анна Андріївна

Здобувач освіти
Харківський національний медичний університет

Актуальність. Актуальність даної теми зумовлена досить високою поширеністю вірусу папіломи людини (ВПЛ) серед жінок репродуктивного віку. ВПЛ відіграє провідну роль у розвитку цервікальної інтраепітеліальної неоплазії (CIN) і раку шийки матки, особливо за умов тривалої персистенції інфекції. Водночас відомо, що не всі випадки ВПЛ-інфекції прогресують до CIN, це нам вказує про те, що додаткові модифікуючі фактори відіграють теж важливу роль у цьому процесі. На сьогодні перспективним напрямком досліджень є вивчення вагінального мікробіому як потенційного модифікатора ризику, зокрема домінування *Lactobacillus*-асоційованих типів мікробіоти науковці пов'язують із елімінацією вірусу та зниженням ризику CIN, тоді як дисбіоз навпаки буде сприяти хронізації інфекції та прогресуванню неопластичних процесів. Вивчення мікробіому як потенційної терапевтичної мішені відкриває нам нові можливості для профілактики та індивідуалізованого підходу до ведення пацієнток.

Метою нашої роботи було з'ясувати роль вагінального мікробіому як ключового регулятора персистенції вірусу папіломи людини (ВПЛ) та дослідити його вплив на розвиток цервікальної інтраепітеліальної неоплазії (CIN), зокрема оцінити взаємозв'язок між типами мікробіоти (*Lactobacillus*-домінантними та дисбіотичними станами) і ризиком прогресування ВПЛ-інфекції для того аби виявити нові підходи до профілактики та індивідуального лікування.

Матеріали та методи. Було проведено пошук та аналіз сучасних наукових публікацій, клінічних настанов і протоколів, які були присвячені вагінальному мікробіому та його ролі у персистенції вірусу папіломи людини (ВПЛ) і розвитку цервікальної інтраепітеліальної неоплазії (CIN) у жінок, з акцентом на дослідженнях за останні 3 роки [1-8].

Результати та обговорення. Сучасні метагеномні дослідження підтверджують, що вагінальна мікробіота, в якій домінують види *Lactobacillus*, зокрема *L. crispatus* (тип CST I), *L. gasseri* (тип CST II) та *L. jensenii* (тип CST V),

створюють стабільний біохімічний бар'єр, що перешкоджає персистенції ВПЛ за рахунок підтримки низького рН через вироблення молочної кислоти та забезпечуючи захист через бактеріоцини і конкурентне витіснення патогенів [1]. Аналогічно, дані Leon-Gomez та Romero вказують на те, що саме *L. crispatus* забезпечує найнижчі показники рН завдяки інтенсивній продукції D-молочної кислоти, бактеріоцинів, біосурфактантів, що показало значне зниження онкогена E6 ВПЛ [5]. На відміну від цього, роль *Lactobacillus iners* (CST III) у розвитку цервікальної неоплазії доволі суперечлива, бо пов'язана з вищим рН піхви, меншою стабільністю і адаптацією до дисбіотичного середовища. Зокрема, було виявлено, що жінки з домінуванням *L. iners* мають значно вищий ризик переходу ВПЛ-інфекції в хронічну форму порівняно з тими, у яких переважає *L. crispatus* [4]. Додатково, окрім обмеженого синтезу захисних метаболітів та схильності поступатися місцем анаеробним бактеріям при найменших змінах середовища, цю розбіжність дослідники Bautista та інші пояснюють переважанням у *L. iners* L-молочної кислоти, яка не здатна пригнічувати сигналізацію YAP1 та оновлення стовбурових клітин, тим самим не забезпечуючи протираковий ефект, як D-молочна кислота [1]. Таким чином, можна сказати, що видова ідентифікація лактобацил є більш вагомим прогностичним маркером розвитку CIN, ніж просто підтвердження наявності лактофлори.

Ключовим чинником, що сприяє закріпленню ВПЛ у тканинах шийки матки є зростання рН вагінального середовища понад 4,5, що характерно для дисбіотичного мікробіому CST IV, де переважають анаеробні бактерії, такі як *Gardnerella*, *Prevotella*, *Fannyhessea vaginae*, *Sneathia*, *Megasphaera* та *Peptostreptococcus* [2]. Виявлено, що ці патогени змінюють вироблення метаболітів, а саме коротколанцюгових жирних кислот, підвищений рівень яких активує прозапальні шляхи, збільшуючи рівень цитокінів (IL-1 α , IL-1 β , IL-18, IL-7, MIP-1 α , MIP-1 β , IL-8, MIF, TNF- α та TNF- β) та клітинних (CCR5+CD4+ Т-клітини) біомаркерів запалення, створюючи проканцерогенне середовище. Оскільки запальні цитокіни залучають імунні клітини, які вивільняють активні форми кисню і сприяють оксидативному стресу та пошкодженню ДНК [5]. Це підтверджує метагеномний аналіз Jung DR та інших, який зазначає, що цей процес хімічного пошкодження є критичним, бо полегшує доступ віріонів ВПЛ 16 і 18 типів до базальної мембрани шийки матки [4]. Водночас, поряд з індукцією патологічних процесів відбувається порушення слизового бар'єру, бо шкідливі бактерії виробляють ферменти (сіалідази), які руйнують захисні муцини, тим самим оголюючи рецептори для вірусної адгезії [3]. Таким чином розвиток вагінального дисбіозу супроводжується формуванням стійкого прозапального середовища, що сприяє виживанню вірусу, а не його знищенню.

Додатково, головним фактором того, чи буде інфекція ВПЛ ліквідована або перейде у стадію персистенції, є взаємодія мікробіому з імунною системою хазяїна. За умов дисбіозу процес захисних реакцій порушується і запальний фон сприяє імунному ухиленню вірусу через декілька механізмів: по-перше, за рахунок пригнічення Т-кілерів, бо онкопротейни вірусу (E6, E7) знижують регуляцію цитокінів (TNF- α) необхідних для активації імунних клітин, та

порушують експресію МНС I, що робить інфіковані клітини “невидимими” для CD8⁺; по-друге, через і так наявне імуносупресивне середовище, бо підвищена секреція IL-10 і TGF- β пригнічує клітинний імунітет, обмежуючи здатність антигенпрезентуючих клітини стимулювати проліферацію Т-клітин; і по-третє, дисбіоз змінює імунний профіль слизової, спричиняючи масове залучення CCR5+CD4⁺ Т-клітин, які підтримують марне запалення замість активації Т-кілерів, що дозволяє вірусу залишатись в організмі і уникати знищення [6].

Метагеномні дослідження останніх років підтверджують, що тяжкість дисплазії прямо корелює зі зростанням мікробного різноманіття (CST IV). Як зазначено в дослідженнях Jung та Passarelli при CIN II-III спостерігається майже повне витіснення *L. crispatus* анаеробами *Gardnerella* та *Sneathia* [2, 4]. І, відповідно, статистично встановлено, що CST IV є сильнішим передвісником персистенції ВПЛ і канцерогенезу, ніж поодинокі вірусні знахідки [1].

Тож фундаментальне розуміння ролі мікробіому в канцерогенезі дало старт розвитку мікробіом-орієнтованій терапії, яка впроваджується для відновлення імунітету та прогнозування ризику прогресування CIN. Також особи з домінуванням *L. crispatus* демонструють кращу відповідь на вакцинацію, завдяки збалансованому цитокіновому середовищу та гомеостазу слизової [8].

Висновки. Аналіз підтверджує, що вагінальний мікробіом перестав розглядатись як пасивний фон персистенції ВПЛ, а став вагомим прогностичним фактором розвитку CIN. Дисбіоз типу CST IV виступає прямим кофактором канцерогенезу, в той час як домінування *Lactobacillus*-асоційованих типів мікробіоти навпаки перешкоджає проникненню вірусу в нижчі шари епітелію і його збереженню. Саме тому мікробіом-орієнтована терапія має потенціал стати фундаментом превентивної терапії розвитку онкології.

Список літератури:

1. Bautista J, Altamirano-Colina A, López-Cortés A. The vaginal microbiome in HPV persistence and cervical cancer progression. *Front Cell Infect Microbiol.* 2025;15:1634251. Published 2025 Oct 7. doi:10.3389/fcimb.2025.1634251
2. Passarelli GV, Whang SN, Gilbert NM, Hu J. 2026. The vaginal microbiome, papillomavirus infection, and cervical cancer: established associations in search of model systems and mechanistic answers. *mBio* 17:e02677-25.
3. Zhuoyao L, Xiaohan W, Xinyu M, Songling Z. The co-regulation of HPV infection by vaginal microbiota and the immune system. *Virol J.* 2025;22(1):334. Published 2025 Oct 17. doi:10.1186/s12985-025-02913-5
4. Jung DR, Choi Y, Jeong M, et al. Metagenomic insight into the vaginal microbiome in women infected with HPV 16 and 18. *NPJ Biofilms Microbiomes.* 2025;11(1):105. Published 2025 Jun 12. doi:10.1038/s41522-025-00747-1
5. Leon-Gomez P, Romero VI. Human papillomavirus, vaginal microbiota and metagenomics: the interplay between development and progression of cervical cancer. *Front Microbiol.* 2025;15:1515258. Published 2025 Jan 22. doi:10.3389/fmicb.2024.1515258

6. Ntuli L, Mtshali A, Mzobe G, Liebenberg LJP and Ngcapu S (2022) Role of Immunity and Vaginal Microbiome in Clearance and Persistence of Human Papillomavirus Infection. *Front. Cell. Infect. Microbiol.* 12:927131. doi: 10.3389/fcimb.2022.927131

7. Wu X, Wang D, Mao X, Dong B, Wang Y. Microbiome-driven resistance in cervical cancer therapy: from mechanistic dissection to clinical translation. *Expert Rev Mol Med.* 2025;28:e2. Published 2025 Dec 29. doi:10.1017/erm.2025.10029

8. Giraldo PC, Sanches JM, Sparvolli LG, Amaral R, Migliorini I, Gil CD, Taddei CR, Witkin SS, Discacciati MG. Relationship between Papillomavirus vaccine, vaginal microbiome, and local cytokine response: an exploratory research. *Braz J Microbiol.* 2021 Dec;52(4):2363-2371. doi: 10.1007/s42770-021-00616-x. Epub 2021 Oct 10. PMID: 34628621; PMCID: PMC8578365.

УКРАЇНСЬКИЙ ПЕРЕКЛАД «БОЖЕСТВЕННОЇ КОМЕДІЇ» ЄВГЕНА ДРОБ'ЯЗКА

Siedina Giovanna
PhD, Associate professor
University of Florence

Вступ. Рецепція творчості Данте в Україні стала об'єктом дослідження, починаючи з другої половини минулого століття. Кілька ґрунтовних праць відтворили етапи знайомства з доробком Данте, починаючи з першої відомої згадки у XVIII столітті, продовжуючи XIX століттям, багатим на відгомони, ремінісценції, цитати, переробки та перші переклади, і закінчуючи XX століттям, позначеним розривом радянського періоду та передчасною смертю (і меншою мірою еміграцією) інтелектуалів так званого «Розстріляного відродження» української культури. Я маю на увазі, зокрема, важливі дослідження Г. Кочура [1], О. Домбровського [2], І. Костецького [3], а в пізніші часи — численні есеї та фундаментальну монографію М. Стріхи [4], [5], [6], [7], [8]. Ці праці розглядали також переклади творів Данте, що з'явилися на українських теренах наприкінці XIX — на початку XX століття, починаючи з перекладів деяких терцин першої пісні «Пекла», здійснених Іваном Франком [11].

Аналіз літератури. Тернистий шлях «Божественної комедії» до українського читача тісно пов'язаний з мовною ситуацією в Україні в XIX столітті. Як стверджує Стріха [8], окрім того, що територія України була поділена між Російською та Австро-Угорською імперіями, необхідно враховувати, що Валуєвський циркуляр (1863) і, насамперед, наступний Емський указ (1876) фактично заборонили будь-які видання українською мовою, включно з перекладами, та будь-яке публічне використання української мови. Неминуче, більш ніж маргінальний статус української мови в літературі на всій українській території під владою Російської імперії мав наслідком її обмежене використання як мови усного спілкування навіть серед освічених сімей (Стріха перераховує сім сімей київської інтелігенції, які розмовляли українською мовою) [8]. Саме мовна відмінність згадується останнім як основна різниця між сприйняттям творчості Данте в Україні та в Польщі в XIX столітті, які в іншому були об'єднані відсутністю незалежності (їхні території були розділені між кількома державними утвореннями), колоніальним статусом, а отже, прагненням до свободи та бажанням визволення з рабського стану.

Стріха повідомляє про переклад «Пекла» та значної частини «Раю», виконаний Михайлом Драй-Хмарою. Ця праця, на жаль, зникла в архівах НКВС після арешту її автора, і від неї не залишилося жодного сліду, окрім, можливо, інципіту М. Рильського [12].

Як було висвітлено Кочуром і Стріхою, наступні значущі перекладацькі спроби стали результатом колективних зусиль Петра Карманського та Максима Рильського, що увінчалися у 1956 році першим виданням українського

перекладу «Пекла». Щодо генезису та аналізу цього перекладу, слід звертатися передусім до праць Кочура [1] та Стріхи [8].

До редакції Рильського переклад Карманського характеризувався виразним дотриманням оригіналу, зокрема у збереженні форми терцини та відтворенні жіночої рими. Проте для її передачі перекладач часто вдавався до асонансів, дієслівних та граматичних рим, а також до акцентуації, яка часто відхилялася від українського літературного стандарту, а подекуди — до західноукраїнських діалектизмів. Ці особливості негативно впливали на розуміння і, відповідно, сприйняття тексту, що було продемонстровано через порівняння інципіту першої пісні «Пекла» в перекладі Карманського та в редакції Рильського [8]. На жаль, редагування Рильським перекладу двох інших кантик Карманського та їхнє подальше видання так і не відбулися.

Мета дослідження. У цій статті ми маємо на меті поглибити та представити аудиторії аналіз поетичного перекладу «Божественної комедії» Євгена Дроб'язка (1968 — «Чистилище», 1972 — «Рай», 1976 — повне видання) [8]. Дроб'язко був частиною того, що Максим Стріха визначив як український радянський «культуртрегерський проєкт», пов'язаний з іменем Данте. Використовуючи терміни сучасної теорії перекладу, ми могли б визначити переклад Дроб'язка як споріднений з одомашнювальним типом (*addomesticante*), тоді як переклад Стріхи (який буде проаналізований в подальшому дослідженні), ближчий до відчужувального типу (*straniante*) [13], [14]. Проте це макроподіл, який не стільки характеризує переклади в цілому, скільки стосується окремих підходів, стратегій та рішень, які перекладач може щоразу застосовувати.

Після святкування 700-річчя від дня народження поета дослідження творчості Данте у радянській Україні прискорилися. Враховуючи публікацію засадничого російського перекладу Михайла Лозинського приблизно за 20 років до того, настав час для повного українського перекладу «Божественної комедії». Його видання пов'язане з іменем Євгена Дроб'язка (1898–1980). Юрист за освітою, але також музикант і театральний режисер, редактор, перекладач багатьох текстів різних літературних жанрів і стилів із французької, німецької, іспанської, російської, польської та італійської мов, Дроб'язко, за свідченням сина, почав перекладати шедевр Данте ще під час війни, до появи «Пекла» у перекладі П. Карманського. Генезис цього перекладу був відтворений Кочуром і Стріхою. Переклад Дроб'язка був сприйнятий як епохальна подія. Оскільки це був перший повний переклад «Чистилища», автор не мав попередників, на яких міг би спиратися. Оскільки ми не маємо в розпорядженні його теоретичних роздумів про власну перекладацьку роботу, ми змушені виводити його підхід безпосередньо з самого перекладу та з його висловлювань, як-от, наприклад, тих, що містяться в його рецензії на переклад «Пекла» Карманського–Рильського [15]. Щодо цього перекладу Дроб'язко нарікав на використання виключно жіночих рим задля дотримання оригіналу. На його думку, в такій мові, як українська, де наголос є вільним і рухливим, використання лише жіночих рим обмежувало ритмічні можливості, створюючи надмірну одноманітність, небажану передусім у тексті на багато тисяч віршів. Насправді, як стверджував

Кочур [1]: «обидва ці принципи рівноцінні, кожен висловлює одну з двох протилежних, здавна властивих перекладу тенденцій: одна з цих тенденцій – прагнення якнайбільше наблизити перекладений твір до звичних для нас норм, у тому числі й норм віршування; інша – бажання показати, наскільки можливо, як виглядає оригінал і, зокрема, який насправді вірш оригіналу, показати хоча б шляхом збереження властивих оригіналу жіночих закінчень». По суті, це є вираженням двох принципів, про які ми згадували вище: одомашнення та відчуження, сформульованих більш ніж за два десятиліття до теорій Венуті. На нашу думку, Кочур слушно стверджує, що монотонність і одноманітність зумовлені не стільки жіночими римами, скільки самою природою вірша, чергуванням в українському віршуванні наголошених і ненаголошених складів, регулярністю строф (однаковою кількістю складів) та іншими елементами. Шлях до подолання монотонності лежить через майстерність поетичної техніки, знання багатства та експресивних тонкощів рідної мови і, зрештою, через поетичний талант.

Результати дослідження. Якими є особливості перекладу Дроб'язка? Попри порядок видання та часовий розрив між публікацією трьох кантик, для цілей нашого аналізу буде доречно розглядати цей переклад як єдине ціле, зважаючи на цілісність підходу перекладача. Щоб провести порівняння з попередніми перекладами, варто почати з інципіту «Пекла».

Dante, <i>Inf.</i> I, 1-13	Дроб'язко, <i>Пекло.</i> I, 1-13
Nel mezzo del cammin di nostra vita mi ritrovai per una selva oscura, ché la diritta via era smarrita. Ahi quanto a dir qual era è cosa dura, esta selva selvaggia e aspra e forte, che nel pensier rinova la paura! Tant'è amara che poco è più morte; ma per trattar del ben ch'i' vi trovai, dirò de l'altre cose ch'i' v'ho scorte. Io non so ben ridir com'i' v'intrai, tant'era pien di sonno a quel punto che la verace via abbandonai. Ma poi ch'i' fui al piè d'un colle giunto...	На півшляху свого земного світу Я трапив у похмурий ліс густий, Бо стежку втратив, млою оповиту. О, де візьму снаги розповісти Про ліс листатий цей, суворий, дикий, Бо жах від згадки почина рости! Над смерть страшну гіркіший він, великий, Але за благо те, що там знайшов, Повім про все, що в пам'ять взяв навіки. Недобре тямлю, як постав цей схов, Бо сонність так оволоділа мною, Що з певної дороги я зійшов. Я опинивсь під пагорба стіною,

Одинадцятискладник (ендекасилаб) оригіналу передано ямбічним пентаметром із чергуванням жіночих та чоловічих рим (жіночі рими утворені шляхом

додавання одного складу); точність римування відрізняє цей переклад від версії Карманського і, безсумнівно, покращує його. Іншою значущою зміною щодо стилю є використання стандартної української літературної мови — як стосовно наголосів, так і лексики. Відчувається особлива увага до відтворення деталей оригіналу, наприклад, у перекладі алітерації «*esta selva selvaggia*» з 5-го вірша як «Про ліс листатий цей». Водночас уже з інципіту «Пекла» помітне зміщення тональності цього перекладу в бік високої, урочистої мови, яку можна було б визначити як свого роду штучний високий класицизм, що не завжди відповідає тону оригіналу. Наприклад, переклад рядка «*dirò de l'altre cose ch'i' v'ho scorte*» як «Повім про все, що в пам'ять взяв навіки» видається не зовсім доречним, оскільки вводить елемент урочистості та прислівник (*навіки*), які в оригіналі відсутні.

Що стосується потенційних перекладацьких труднощів, як-от переклад віршів або частин рядка латиною, а також передача власних назв чи фрагментів іншими мовами, Дроб'язко відразу демонструє здатність знаходити ефективні рішення. У «Пеклі» латинських слів украй мало — по суті, лише кілька латинізмів, тоді як у «Чистилищі» їх значно більше, включно з окремими віршами. Латиною, давньою мовою віри, викладено євангельські уривки, біблійні пасажі та молитви, що іноді складаються з кількох слів, а іноді — з цілих одинадцятискладників. Наведу кілька прикладів.

Перший латинський вірш «Чистилища» зустрічається у другій пісні, у 46-му рядку: Данте та Віргілій усе ще перебувають на березі гори Чистилища, вагаючись, яким шляхом іти, коли раптом помічають надзвичайно яскраву точку, що наближається з великою швидкістю. Це ангел-корманич, який, кидаючи виклик людським царствам, лише силою своїх крил із вічним пір'ям (яке не випадає, як у смертних істот), веде вузький човен, настільки легкий, що той не занурюється у воду. Усередині перебувають понад сто душ, яких ангел-корманич зібрав у гирлі Тибру, щоб переправити до острова Чистилища; усі разом вони зтягують псалом «Коли Ізраїль вийшов із Єгипту» (Псалом 113). Перший рядок псалма, цитування якого уподібнює душі, що залишають Чистилище, євреям, які вийшли з Єгипту після багатовікового полону, у Данте звучить латиною: «*In exitu Israël de Aegypto*». Дроб'язко перекладає його, вдаючись до церковнослов'янської мови руської редакції (або руської церковнослов'янської), слушно прирівнюючи її до латини як мови Церкви (у випадку України — православної); проте він перекладає лише перші три слова вірша, замінюючи інші трьома крапками, ніби цього достатньо, щоб зрозуміти, про що йдеться: «*В ісходе Ізраїлеве...*». Порівняння з оригіналом дає підстави вважати, що опущення другої частини біблійного вірша є навмисним і зумовлене (ймовірно) ідеологічними, а не (тільки) віршоскладальними причинами. Справді, переклад містить додавання порівняно з оригіналом, про що свідчить зіставлення:

Dante, <i>Purgatorio</i> , II, 46-48	Drob'jazko, <i>Čystylyšče</i> , II, 46-48
' <i>In exitu Israel de Aegypto</i> ' cantavan tutti insieme ad una voce con quanto di quel salmo è poscia scripto.	« <i>В ісходе Ізраїлеве...</i> » – весь край Псалма святого співами сповнявся; І закінчили, як велить звичаї. [16, 207]

Наступне поодинокі латинське слово зустрічається у III пісні у 37-му рядку. Йдеться про слово «**quia**» у складі синтагми «**al quia**», якою завершується вірш:

State contenti, umana gente, al *quia*;
ché se potuto aveste veder tutto,
mestier non era parturir Maria. (*Purg.* III, 37-39)

Ці слова промовляє Віргілій після того, як Данте, не бачачи більше тіні вчителя, стривожився, подумавши, що той його покинув. Це заклик радіти тому, що нам дано, і не намагатися вийти за межі людського розуму в пошуках суті та першопричини речей. Данте посилається на Фому Аквінського, згідно з яким за допомогою розуму людина може пізнати *quia est* Бога, тобто сам факт Його існування, але не *quid est* — тобто те, чим Він є насправді. Дроб'язко так передає цю терцину:

Тому й лишайся, людський роде, з *quia*!
Якби ти міг здійснить свої ждання,
То понести не мусила б Марія. [16, 211]

Другий рядок (вірш 38) лише приблизно відтворює оригінал, оскільки в ньому йдеться про «здійснення бажань», а не про людське прагнення «бачити» (пізнати) суть та першопричину речей. Очевидно, було б надзвичайно важко знайти двоскладовий еквівалент з наголосом на передостанньому складі, який би римувався зі словом «Марія».

В інших випадках, всюди, де це можливо, Дроб'язко перекладає латину українськими або церковнослов'янськими виразами. Так, наприклад, у 13-му рядку VIII пісні слова «*Te lucis ante*», що відсилають до інципіту «*Te lucis ante terminum*», яким розпочинається латинський літургійний гімн католицької вечірньої служби (повечір'я), передані як «*Світе тихий*» — словами, якими починається молитва вечірнього богослужіння в православній та українській греко-католицькій церквах.

Інші латинські вирази ми знаходимо у XIX пісні. Перший із них — у 73-му рядку, де Данте, щойно увійшовши до п'ятого кола, бачить душі скупих, які з глибоким зітханням промовляють 25-й вірш 118-го псалма: «*Adhaesit pavimento anima mea*»: Дроб'язко перекладає його виразом «прильпне душа моя землі» [16, 296]. Подібним чином трохи далі, у 99-му рядку, латинська фраза, якою грішний скупець Адріан V повідомляє Данте, що він був наступником Петра — «*scias quod ego fui successor Petri*», — передана руською церковнослов'янською

мовою: «Петра наслідник бих / Апостола я, відомо ті буди» (Там само; курсив оригіналу).

Зрештою, в останній пісні «Чистилища» майже ціла терцина наведена латиною (Purg. XXXIII, 10-12). Сім жінок-чеснот, що оточують Беатріче, затакують пісню, оплакуючи руйнування Єрусалимського храму. Беатріче зітхає, подібно до Марії біля підніжжя хреста. Коли спів завершується, вона підводиться і промовляє, що невдовзі її більше не побачать, а потім вона з'явиться знову, повторюючи слова Ісуса під час Таємної вечері:

*‘Modicum, et non videbitis me;
et iterum, sorelle mie dilette,
modicum, et vos videbitis me’.* (Purg. XXXIII, 10-12)

Ось як було перекладено цю терцину:

*«Ви в малі і не видите мене,
І се глаголю вам я, сестри милі,
І паки в малі узрите мене»* [16]

Автор слушно подає прямим шрифтом звертання, яке у Данте написано італійською – «sorelle mie dilette» («сестри мої любі»), а в перекладі – сучасною українською мовою, щоб відрізнити його від решти тексту, що відлунює руською церковнослов'янською мовою. Насправді, в малі й паки – це типові церковнослов'янізми (що відповідають латинським *modicum* та *iterum*). Вживання слова «паки» (знову) викликає негайні асоціації з православною та греко-католицькою літургією (згадайте *Ектенію*: «Паки і паки...»). Крім того, замість загальноновживаного українського дієслова «бачити», перекладач використовує «зріти» – більш піднесений та архаїчний термін, який ідеально пасує до пророчого видіння Беатріче.

Нарешті, у «Раю» ми знаходимо дві цілі терцини латиною (перша також містить два єврейські слова) у VII та XV піснях; вони майстерно відтворені у стилі, що нагадує руську церковнослов'янську мову [16], 408, 449. Я зупинюся на другій із них, яка цікава тим, що, на відміну від інших цитат, вона не походить із біблійного контексту і не змішана з іншими мовами. Цілком імовірно, що такий мовний вибір зумовлений бажанням підкреслити важливість зустрічі зі своїм предком — людиною високої моралі, а також прагненням посилити порівняння між появою Анхіза перед Енеєм в Елізії, описаною Віргілієм, та появою прапрадіда Данте. Ось як Каччагвіда звертається до Данте (Par. XV, 28-30):

*«O sanguis meus, o superinfusa
gratia Dei, sicut tibi cui
bis unquam coeli ianua reclusa?»* (Par. XV, 28-30):

Переклад Дроб'язка і тут прагне відтворити архаїчне звучання через стилізацію, що відлунює руською церковнослов'янською мовою. Проте загальний ефект — у поєднанні зі зміною вислову оригіналу («[...] A chi, come a te, furono aperte due volte le porte del Cielo?» — «[...] Кому, як тобі, двічі відчинялися небесні брами?» перекладено як «Ніхто не бачив донині небесних брам знову відчинених») — видається не зовсім задовільним. Пор.:

*«О кровь моя! О лучшая стократ
Господня благодать! Никто доселі
Не зрл отверстих наки в небо врат!»* [16]

Інший тип мовних труднощів представлений перекладом уривка з XXVI пісні «Чистилища», де розповідається про зустріч із провансальським поетом Арнаутом Даніелем (бл. 1155 – бл. 1215). Він був дуже відомим і шанованим в Італії у XVII столітті; Данте поміщає його у VII коло, де перебувають хтивославці. Даніель був майстром композиційного стилю *trobar clus*, тобто герметичного та складного поетичного стилю, що протиставляється *trobar leu* — більш простому та розмовному стилю поезії. Гвідо Гвініццеллі, який також перебуває в цьому колі, вказує Данте на поета як на найкращого майстра рідної мови, вживаючи вислів «вірші кохання і проза романів». Коли Гвініццеллі зникає, Данте наближається до тіні митця, кажучи, що прагне дізнатися, хто він такий. Тоді Арнаут Даніель звертається до нього трьома терцинами провансальською мовою, що є унікальним випадком (*unicum*) у «Божественній комедії» (вірші 140-147):

*«Tan m'abellis vostre cortes deman,
qu'ieu no me puesc ni voill a vos cobrire.*

Ieu sui Arnaut, que plor e vau cantan;
consiros vei la passada folor,
e vei jausen lo joi qu'esper denan.

Ara vos prec, per aquella valor
que vos guida al som de l'escalina,
sovenha vos a temps de ma dolor!». (*Purg.* XXVI, 140-147)

У відтворенні цих віршів Дроб'язко не мав українських прецедентів, на які міг би спиратися, і, як кожен перекладач, він постав перед вибором: залишити вірші мовою оригіналу, навівши переклад у примітках, чи спробувати зробити поетичний переклад у самому тексті, обравши такий ключ, який би відобразив у мові перекладу дистанцію та співвідношення між народною італійською мовою (вульгаре) Данте та провансальською мовою Арнаута. Дроб'язко обрав другий шлях, який, на нашу думку, є найважчим, і переклав їх галицькою говіркою,

маючи на меті відтворити церемонне мовлення, притаманне дрібній шляхті. Нижче наведено його переклад:

«Віншує пан мене в тонких словах
І я одвіт не маю за офіру.

Арнаут я, йду з піснею в сльозах
По ватрі учорашніх злих зусиль,
По ватрі сподівань на ліпший шлях.

А що ласкавий пан іде на шпиль
У втішливі і файні височіні,
То прошу пана пам'ятать мій біль».
[16: 335], *Purg.* XXVI, 140-147)

Характерними для галицької говірки тут є терміни «віншує», «офіра», «ватра», «файні», а також конструкції у третій особі як форма поваги до співрозмовника: «віншує пан», «ласкавий пан», «прошу пана». Із неабиякою майстерністю Дроб'язко точно відтворив рими у промові Арнаута (шість чоловічих рим і дві жіночі), хоча не завжди йдеться про точні рими («щиру / офіру»; «сльозах / шлях»; «шпиль / біль»).

Насамкінець варто відзначити кілька вдалих перекладацьких рішень на лексичному та фонетичному рівнях. Таким є, наприклад, відтворення деяких імен, передусім Чакко (*Ciasso*), що означає «свиня, кабан», але водночас було зменшувальною формою імен Якопо та Джакомо. Це літературне ім'я персонажа, чію історичну постать не було ідентифіковано, і якого Данте помістив у «Пекло» серед ненажер (VI, 34-75). Дроб'язко передає це ім'я українським «Чвакало», що походить від дієслова «чвакати», яке, як і «чавкати», означає (зокрема) гучно жувати, приплюскуючи губами.

Інші приклади з «Пекла» – імена Малебранке (*Malebranche*) та Малакода (*Malacoda*). Малакода – це диявол, вигаданий Данте як ватажок Малебранке («Злопазурів»), ватаги демонів, які у XXI, XXII та XXIII піснях мають стежити за тим, щоб грішники п'ятого рову восьмого кола — «баратьєри» (хабарники), тобто ошуканці – не виходили з кипучої смоли. Їхні імена покликані дати яскраве уявлення про те, як вони виконують своє завдання з катування грішників. *Malebranche* перекладено Дроб'язком як «Лихолапів», а *Malacoda*, відповідно, як «Лихохвіст»: обидва слова є досить вдалими семантичними кальками оригіналів. Варте уваги також відтворення імен інших дияволів (вірші 118-123), де перекладач щоразу намагається якомога ближче «підійти» до оригіналів: *Alichino* та *Calcabrina* перекладені відповідно як «Бахура» та «Росотопчія»; *Cagnazzo* та *Barbariccia* – як «Злий собако» та «Борода»; *Libicocco* та *Draghignazzo* – як «Никлокрила» та «Старий кусако»; *Ciriatto* (після якого у Данте йде прикметник «ікластий») та *Graffiaccane* – відповідно як «Ікло Вепряче» та «Труто-Змій»; *Farfarello* та *Rubicante* (за яким

у Данте йде прикметник «шалений») – як «Неотеса» та «Дурний Чортяка». Ці приклади перекладу Дроб'язка показують його творчий метод: він не просто перекладає слова, він шукає культурні та фонетичні замінники, які б викликали у українського читача ті самі емоції та образи, що й оригінал у італійського.

Нарешті, ще одним особливо вдалим рішенням є переклад ключового слова «stelle» (зорі), яким завершується кожна з трьох кантик; воно бездоганно відтворене з фонетичного погляду словосполученням «зорні стелі». Тут Дроб'язко здійснив справжній віртуозний крок. Італійське слово «stelle» (зорі) знаходить свій майже дзеркальний акустичний відгук в українському «стелі». Це створює ефект «луни», що зберігає музикальність оригіналу. Хоча буквально значення слова *stelle* — це «зорі», переклад «зорні стелі» додає архітектурної та сакральної величі. Всесвіт постає як величний храм із розписаною зорями стелею, що ідеально відповідає духу середньовічного світогляду Данте.

Те, що Данте завершує всі три частини «Комедії» (*Пекло*, *Чистилище* та *Рай*) словом «зорі», символізує прагнення людської душі до світла та божественного. Дроб'язко, зберігши цей фінальний акорд через таку вдалу фонетичну пару, дозволив українському читачеві відчути ту саму гармонію, що й у першоджерелі.

Висновки. На завершення, переклад Євгена Дроб'язка — перший повний український переклад «Божественної комедії», що побачив світ, — став, як зауважив М. Стріха, «значним явищем українського письменства, вершиною українського радянського «дантового проєкту» [8]. До появи перекладу Стріхи, а також і після неї, саме ця праця слугувала джерелом для шкільних та університетських антологій і загалом для будь-якого українського цитування віршів та фрагментів «Божественної комедії». У 2001 році переклад був перевиданий без змін харківським видавництвом «Фоліо» в межах масштабного державного проєкту з підтримки видання шедеврів світової літератури в українських перекладах. Значення цього перекладу важко переоцінити, тож він стане об'єктом подальшого дослідження.

Список літератури:

1. Кочур, Г. (1971). Данте в украинской литературе // Дантовские чтения. 1971 / Под ред. И. Ф. Бэлзы, М., Наука, 181-203.
2. Домбровський О. (1966), Данте в українських перекладах, *Inozemna filolohija*, 6, 119-131.
3. Kostetzky E.G. (1981). Dante in der Ukrainischen Kultur, *Deutsches Dante-Jahrbuch*, 55/56, 1, 208-241.
4. Стріха, М. (1995). Божественна комедія. Пекло. Декілька слів від перекладача // *Сучасність*, 5 (409), 51-61.
5. Стріха, М. (2000). *Данте й Україна. Матеріали до бібліографічного покажчика*. Київ.
6. Стріха, М. (2001). *Здолавши півшляху життя земного: «Божественна комедія» Данте та її українське відлуння*, Київ, Факт.
7. Стріха, М. (2002). Український художній переклад: між літературою і

націєтворенням // Дух і літера, 11–12, 196-204.

8. Стріха, М. (2003). Данте й українська література: досвід рецепції на тлі «запізнілого націєтворення». – Київ, Критика.

9. Стріха, М. (2006). Український переклад і перекладачі: нариси. – Київ, Дух і Літера, 2006.

10. Stricha, M. (2013). Dante in Ukrainian literature // *Scientific Horizons*, 1 (1), 45–51.

11. Франко, І. (1913). *Данте Аліг'єрі. Характеристика середніх віків. Життя поета і вибір із його поезії*, Київ.

12. Ашер, О. (1979). Драй-Хмара і Данте // *Записки Наукового товариства ім. Шевченка*, т. СХСVII, Нью-Йорк–Париж–Сідней–Торонто.

13. Venuti, L. (1995). *The Translator's Invisibility: A History of Translation*, Routledge, London.

14. Venuti, L. (1998). *The Scandals of Translation: Towards an Ethics of Difference*, Routledge, London.

15. Дроб'язко, Є. (1958). Перший український переклад Данте // *Всесвіт*, 2, 119-122.

16. Данте, Аліг'єрі (1976). *Божественна комедія*. Переклад Євгена Дроб'язка, Київ, Дніпро.

ЕТНОУРБАНОНІМИ В ТОПОНІМІЧНОМУ ПРОСТОРІ МІСТ УКРАЇНИ: СТРУКТУРНО-СЕМАНТИЧНИЙ І ЛІНГВОКУЛЬТУРНИЙ АСПЕКТИ

Лахно Наталія Валентинівна

кандидат філологічних наук, доцент,
доцент кафедри української мови

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка

Актуальність дослідження етноурбанонімів зумовлена інтенсивними трансформаціями топонімічного простору українських міст упродовж останніх десятиліть, що відбуваються в контексті деколонізаційних і дерусифікаційних процесів, а також переосмислення історичної пам'яті. За цих умов урбаноніми функціонують не лише як засіб просторової ідентифікації, а як важливий компонент лінгвістичного коду міста, який фіксує історичні контакти, етнокультурні взаємодії та ціннісні орієнтири суспільства. Особливе місце в цій системі посідають етноурбаноніми – назви внутрішньоміських об'єктів, утворені від етнізмів (назв народів, етнічних груп або племен) і спрямовані на фіксацію історичної, демографічної або символічної присутності певного народу або національності.

Незважаючи на наявність праць, присвячених урбанонімії (К. М. Андросчук [1], І. Б. Гирич [2], І. М. Желєзняк [3], О. М. Кравченко [4], О. Б. Негер [5], О. М. Ратушняк [6], Н. М. Савчук [7], А. А. Титаренко [8], О. М. Тищенко [9], М. М. Торчинський [10], Л. О. Удовенко [11], Р. Й. Яцків [12] та ін.), етноурбаноніми здебільшого не ставали об'єктом спеціального аналізу, що зумовлює потребу їх системного вивчення.

Матеріал дослідження засвідчує, що етноурбаноніми функціонують у більшості великих міст України, однак їхня кількість є відносно незначною і становить близько 0,3–0,8 % від загального масиву урбанонімів (залежно від міста). Найвища концентрація таких назв зафіксована в містах із виразною поліетнічною історією – Києві, Одесі, Львові, Чернівцях, Ужгороді, що зумовлено історичними особливостями їх формування як мультикультурних центрів.

Кількісний аналіз дає підстави стверджувати, що домінантну групу формують етноурбаноніми, пов'язані з європейськими народами – близько 70 %.

Найбільш репрезентованими є слов'янські етнізми (42 % від загальної кількості). У багатьох українських містах і регіонах історично проживали значні польські громади, тому вагоме місце посідають польські номінації, представлені вісімнадцятьма об'єктами, серед яких *вул. Польська* в Києві, Одесі, Дніпрі, Полтаві, Сумах, Ужгороді, Ізмаїлі, Коростені тощо. 16 назв походять від етнізма *українці*, як-от *вул. Українська* у Вінниці, Дніпрі, Запоріжжі, Києві, Рівному, Ужгороді, Івано-Франківську, Маріуполі, Рівному, Херсоні, Чернівцях, Жмеринці тощо, а також *пров. Український* у Мелітополі. Болгарський етнос

зафіксовано в назвах дванадцяти вулиць, зокрема у Львові, Миколаєві, Харкові та Житомирі. До цієї групи також належать *вул. Чеська* в Києві, *вул. Сербська* та *вул. Хорватська* у Львові, а також *вул. Білоруська* в Києві та Харкові. Поширеність таких одиниць пояснюємо тривалими історичними контактами, спільністю культурного простору та значною присутністю відповідних етнічних груп у різні історичні періоди.

Відчутну частку (28%) становлять назви, пов'язані з іншими європейськими етносами.

Германські народи представлені *вул. Німецькою* в Голосіївському та Печерському районах міста Києві, *вул. Шведською* в Полтаві та новітніми *вул. Британськими* в Сумах, Харкові та Лозовій.

Романський сегмент охоплює *бульвар Французький* та *вул. Італійську* в Одесі, *вул. Португальську* та *вул. Молдовську* в Києві, а також *вул. Італійську* в Маріуполі. Широко репрезентовані балтійські народи, зокрема це численні *вул. Литовські* в Дніпрі, Чернігові, Рівному та *провул. Литовський* у Вінниці й Києві. Фінно-угорська група представлена *вул. Угорською* у Львові та *вул. Естонською* в Києві, Запоріжжі, Харкові й Чернівцях. Окрему групу формують грецькі номінації, як-от *вул. Грецька* та *площа Грецька* в Одесі, Маріуполі та Херсоні. Зазначені номінації кодують не лише історичний рівень, а й сучасну інтеграцію українського простору в загальноєвропейський контекст.

Окремий сегмент (близько 26%) формують етноурбаноніми, що апелюють до народів Кавказу та Азії. Найбільш репрезентативними тут є вірменські назви, зокрема *вул. Вірменська* у Львові, Києві, Кам'янці-Подільському, Ужгороді та *провул. Вірменський* в Харкові. Грузинський етнос представлений *вул. Грузинською* в Києві, Дніпрі, Харкові та *провул. Грузинським* в Кременчуці, а азербайджанський – однойменними вулицями в Києві та Харкові. До цього ж сегменту належать *вул. Єврейська* в Одесі, Херсоні та Бершаді, *вул. Турецька* в Чернівцях та Острозі, а також *вул. Японська* у Львові та *вул. Корейська* в Дніпрі й Львові. Мотивація цих назв має комплексний характер, поєднуючи пам'ять про історичні діаспори з процесами сучасного міжкультурного діалогу. Невелику частку (4%) становлять назви, пов'язані з народами Америки, наприклад *вул. Канадська* в Дніпрі, Харкові та Тернополі, що відображають новітні геополітичні орієнтації України.

Функціонально всі етноурбаноніми реалізують кілька типів мотивації, що відповідають різним рівням кодування інформації. Найпоширенішим є історико-демографічний тип (50%), за якого назва фіксує місце проживання або діяльності певної етнічної громади, наприклад: *вул. Польська*, *вул. Вірменська*, *вул. Грецька* в Одесі, Львові. Культурно-контактний тип охоплює від 28% і відображає економічні або дипломатичні зв'язки: *вул. Німецька*, *вул. Литовська*. Символічний тип мотивації становить 22% і репрезентує ідеологічне кодування, пов'язане з актуальною міжнародною солідарністю. Це яскраво виражено в новітніх найменуваннях, таких як *вул. Естонська* в Києві, *вул. Грузинська* в Харкові або *вул. Канадська* в Тернополі.

Водночас аналіз виявив низку проблемних аспектів функціонування етноурбанонімів. По-перше, мотивація назв переважно не є прозорою для сучасного мовця, оскільки знання про історичну присутність відповідних етнічних груп поступово втрачається, що пояснює виникнення семантичних лакун. По-друге, спостерігаємо фрагментарність і несистемність найменувань: у багатьох містах етноурбаноніми мають поодинокий характер і не формують цілісної підсистеми. По-третє, у новітній топонімічній практиці подекуди відбувається символічне переосмислення назв без достатнього урахування історичного контексту, що може зумовлювати розрив між первинною та актуальною семантикою урбаноніма.

Отже, етноурбаноніми є кількісно обмеженим, проте концептуально значущим сегментом урбанонімікону України. Їхня структура засвідчує домінування назв, пов'язаних із європейськими народами, що відповідає історичним та культурним орієнтаціям українського простору, водночас наявність назв, мотивованих етнонімами інших регіонів, відображає широту міжкультурних контактів. У сучасному мовному просторі вони виконують не лише номінативну, а й символічну функцію: беруть участь у конструюванні образу України як поліетнічного й відкритого до культурного діалогу суспільства.

Перспективи подальших досліджень убачаємо в аналізі динаміки етноурбанонімів у процесах перейменування та вивченні їхнього сприйняття сучасними мовцями.

Список літератури

1. Андросук К. М. *Урбанонімія Вінниці у контексті деколонізації і дерусифікації (третьа хвиля перейменувань 2022 р.). Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Філологія.* 2023. № 62. Т. 1. С. 13-16.
2. Гирич І. Б. Топонімія Києва як відбиття історичної пам'яті. *Пам'ятки України : Історія та культура. Науковий часопис.* 2014. №5. С. 62-71.
3. Желєзняк І. М. Київський топонімікон. Київ : Кий, 2014. 424 с.
4. Кравченко О. М. Топонімічні перейменування пострадянського Києва: символіка й ідентичність. *Наукові записки НаУКМА. Історичні науки.* 2019. Т. 2. С. 63–70.
5. Негер О. Б. Сучасна офіційна урбанонімія міста Ужгорода. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Філологія.* Вип. 1 (45), 2021. С. 327-333. URL: [https://doi.org/10.24144/2663-6840.2021.1.\(45\).327-333](https://doi.org/10.24144/2663-6840.2021.1.(45).327-333)
6. Ратушняк О.М. До питання критеріїв перейменування вулиць і населених пунктів. Перейменувальні процеси в топоніміці як ціннісний вибір українського суспільства. *Матеріали Всеукраїнської науковопрактичної конференції.* Миколаїв: ФОП Жаган, 2015. С. 91–92.
7. Савчук Н. М. Мовна мотивація урбанонімів Києва: лексико-семантичний аналіз. *Вінниця : Видавництво ВНАУ,* 2018. 140 с.

8. Титаренко А. А. Місце урбанонімів у загальній класифікації онімів. *Філологічні студії: Науковий вісник Криворізького державного педагогічного університету*, 9(2), 2013, 171-180. URL: <https://doi.org/10.31812/filstd.v9i2.470>
9. Торчинський М. М. Структура онімного простору української мови: монографія. Хмельницький: Авіст, 2008. 550 с.
10. Тищенко О. М. Топоніміка Комишанського краю Херсонської області. *Українська мова*. 2010. №1. С. 46-50.
11. Удовенко Л. О. Урбаноніми антропонімного походження на мапі сучасного Харкова. 2020. Електронний ресурс. URL: <https://periodicals.karazin.ua/uahistory/article/view/16258>
12. Яцків Р. Й. До питання про урбаноніми Дрогобича. 2013. Електронний ресурс. URL: http://dspu.edu.ua/native_word/wp-content/uploads/2016/04/2013-40.pdf

СУЧАСНА ЛІНГВІСТИКА ТА ЇЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мігорян Ольга Василівна

к.ф.н., доцент, доцент кафедри англійської мови
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Павлович Тетяна Іванівна

к.ф.н., доцент, доцент кафедри англійської мови
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Сучасний етап розвитку мовознавства позначений активним оновленням наукових підходів до вивчення мови. Актуальність цієї проблематики зумовлена потребою комплексного осмислення мовних явищ у контексті суспільних, культурних і технологічних змін. Якщо традиційна лінгвістика зосереджувалася переважно на системно-структурному описі мови, то сучасні напрями розглядають її як багатовимірний феномен, пов'язаний із мисленням, комунікацією, соціумом і цифровим середовищем. Саме тому нині особливого значення набуває міждисциплінарний характер лінгвістичних досліджень, у межах яких взаємодіють мовознавство, психологія, соціологія, культурологія та інформатика.

Сучасний етап розвитку лінгвістики характеризується тенденцією до узагальнення та інтеграції різноманітних напрямів мовознавчих досліджень. Як зазначає Ольга Селіванова, доцільно виокремлювати дві провідні парадигми, які визначають сучасний науковий дискурс: когнітивну та синергетичну. У межах когнітивного підходу мова осмислюється як механізм опрацювання, збереження й передачі інформації, тоді як синергетичний підхід спрямований на вивчення взаємодії мовної системи з іншими елементами середовища [1, с. 32–36].

На думку дослідниці, лінгвістика початку ХХІ століття постає як поєднання різних теоретичних підходів і методологічних принципів, що зумовлено глибокими науковими трансформаціями попереднього століття. Формування нових міждисциплінарних напрямів і активне використання досягнень суміжних наук сприяли тому, що мовознавство набуло ознак комплексної науки, зорієнтованої на інтеграцію знань [1].

Водночас процеси глобалізації наукового простору та розширення доступу до інформації сприяють утвердженню методологічного плюралізму й відкритості до різних дослідницьких підходів у сучасній лінгвістиці.

Одним із найпродуктивніших сучасних підходів є когнітивний, у центрі якого перебуває мова як засіб репрезентації знань і механізм пізнання світу. У межах цього підходу мовні одиниці розглядаються у зв'язку з ментальними процесами, концептуальними структурами та способами категоризації дійсності. Особливої уваги набувають поняття концепту, фрейму, сценарію, прототипу та метафори як способу осмислення реальності. Когнітивний підхід дозволяє

з'ясувати, як мовні форми відображають людський досвід і як у мові фіксуються результати мисленнєвої діяльності [2].

Важливе місце посідає комунікативно-прагматичний підхід, який акцентує увагу на функціонуванні мови в реальному спілкуванні. У цьому разі дослідника цікавить не лише структура висловлення, а й комунікативний намір мовця, ситуація спілкування, адресат та очікуваний ефект. Такий підхід дає змогу виявити приховані смисли, мовленнєві стратегії й тактики, способи впливу на співрозмовника та особливості реалізації мовленнєвих актів. Його активно застосовують під час аналізу політичного, медійного, рекламного, педагогічного та побутового дискурсів.

Не менш значущим є дискурсивний підхід, який передбачає аналіз мови в широкому соціокультурному та ідеологічному контексті. Дискурс у сучасному розумінні постає не лише як сукупність текстів, а як форма соціальної взаємодії, що відображає цінності, норми, моделі поведінки й відносини влади. Дискурсивний аналіз дає можливість простежити, як за допомогою мови конструюються ідентичності, формуються суспільні уявлення й трансформуються соціальні смисли. Цей підхід широко використовується у вивченні політичного, медійного, наукового, юридичного та мережевого дискурсів [2].

Одним із найперспективніших напрямів сучасного мовознавства є корпусний підхід, що ґрунтується на використанні великих масивів текстів, зібраних у спеціально створених електронних корпусах. Корпусна лінгвістика дозволяє досліджувати мовні явища на основі реального мовного матеріалу, визначати частотність уживання одиниць, їхню сполучуваність і динаміку функціонування в різних типах текстів. Її перевага полягає в об'єктивності, репрезентативності та можливості поєднання якісного і кількісного аналізу [3]. Як зазначають Тоні МакЕнері та Ендрю Гарді, «корпусна лінгвістика надає дослідникам доступ до великих обсягів автентичного мовного матеріалу, що дозволяє робити обґрунтовані узагальнення щодо функціонування мови» [4]. Використання корпусів сприяє підвищенню об'єктивності досліджень і дає змогу поєднувати кількісні та якісні методи аналізу.

Суттєве значення має і соціолінгвістичний підхід, який розглядає мову у взаємозв'язку із соціальними чинниками. Соціолінгвістика досліджує варіативність мовлення залежно від віку, статі, освіти, професії, соціального статусу мовців, а також аналізує мовну політику, двомовність, мовну ситуацію та особливості функціонування мови в різних соціальних групах. Цей підхід особливо актуальний у глобалізованому світі, де посилюються міжкультурні контакти та змінюються комунікативні практики під впливом цифрових технологій [5].

Розвиток сучасних підходів у лінгвістиці безпосередньо пов'язаний із використанням новітніх методів дослідження мовних явищ. Насамперед ідеться про комп'ютерну обробку мовних даних, яка відкрила нові можливості для аналізу великих обсягів текстової інформації. Автоматизоване опрацювання текстів, лематизація, морфологічне тегування, семантичне моделювання та інші

цифрові інструменти значно підвищують швидкість і точність лінгвістичного аналізу [3]. Цей напрям сформувався на перетині мовознавства, інформатики та прикладної математики й нині розглядається як один із ключових у сучасній науковій парадигмі. Обробка природної мови має на меті створення обчислювальних моделей, здатних аналізувати та генерувати людську мову [6]. Це визначення підкреслює фундаментальну роль комп'ютерних технологій у сучасному мовознавстві.

Новітні досягнення у сфері машинного навчання, зокрема використання нейронних мереж і методів глибокого навчання, істотно розширили можливості автоматизованого аналізу мовних явищ. Нейронні мережі забезпечують ефективне моделювання складних мовних структур і залежностей, що раніше було недосяжним для традиційних підходів» [7]. Це дозволяє здійснювати високоточний морфологічний і синтаксичний аналіз, розпізнавання мовлення, автоматичний переклад, а також семантичне моделювання текстів.

Поширеними є також методи контент-аналізу та дискурс-аналізу, які дають змогу досліджувати не лише формальні характеристики тексту, а й його змістові, прагматичні та ідеологічні параметри. Контент-аналіз спрямований на виявлення смислових одиниць, тематичних домінант і частотних моделей, тоді як дискурс-аналіз розкриває механізми породження смислу в конкретному соціальному й культурному контексті. Поєднання цих методів є особливо ефективним у дослідженні медіатекстів, політичної риторики, рекламної комунікації та цифрового мовлення [2].

Важливу роль у сучасній лінгвістиці відіграють експериментальні методи, які забезпечують можливість емпіричної перевірки наукових гіпотез. До них належать асоціативні експерименти, опитування, анкетування, тестування та психолінгвістичні методики вивчення сприйняття, розуміння й продукування мовлення. Такі методи дають змогу виявляти особливості мовної свідомості та закономірності мовленнєвої поведінки [2].

Переваги сучасних підходів полягають у розширенні аналітичних можливостей дослідника, адже мовне явище розглядається комплексно - з урахуванням його когнітивних, комунікативних, соціальних і технологічних вимірів. Крім того, новітня лінгвістика активно поєднує якісні й кількісні методи аналізу, що підвищує об'єктивність результатів. Перспективи розвитку цієї галузі безпосередньо пов'язані з цифровізацією науки, зростанням ролі міждисциплінарних студій та інтеграцією технологій штучного інтелекту в наукову практику.

Отже, сучасні підходи дослідження в лінгвістиці відіграють визначальну роль у розвитку мовознавства, оскільки забезпечують багатовимірне бачення мови як складного й динамічного феномена. Когнітивний, комунікативно-прагматичний, дискурсивний, корпусний і соціолінгвістичний підходи значно розширюють межі наукового аналізу. Новітні методи, зокрема комп'ютерна обробка даних, контент-аналіз, дискурс-аналіз та експериментальні методики, підвищують точність і доказовість лінгвістичних досліджень. У перспективі саме

синтез традиційних і новітніх підходів сприятиме подальшому розвитку лінгвістичних студій.

Список літератури

1. Селіванова, О. Сучасна лінгвістика: Термінологічна енциклопедія. Полтава: Довкілля-К, 2006. 716 с.
2. Hart, C. Cognitive Linguistic and Experimental Methods in Critical Discourse Studies. In: The Cambridge Handbook of Discourse Studies. Cambridge University Press, 2020. URL: <https://www.cambridge.org/core/books/abs/cambridge-handbook-of-discourse-studies/cognitive-linguistic-and-experimental-methods-in-critical-discourse-studies/12DBA18B4EC9B9B88AD3528A7C243A41> (дата звернення: 25.04.2026)
3. Römer, U. Applied corpus linguistics for language acquisition, pedagogy, and beyond. Language Teaching. 2022. Vol. 55, Issue 2. P. 233-244. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/language-teaching/article/abs/applied-corpus-linguistics-for-language-acquisition-pedagogy-and-beyond/D3EC1F3B7C026DAFF065F5E0675A0542> (дата звернення: 26.04.2026).
4. McEnery T., Hardie A. Corpus Linguistics: Method, Theory and Practice. Cambridge University Press, 2012. 294 p.
5. Montes-Alcalá, C. Bilingual Texting in the Age of Emoji: Spanish-English Code-Switching in SMS. Languages. 2024. Vol. 9, No. 4. Article 144. URL: <https://www.mdpi.com/2226-471X/9/4/144> (дата звернення: 25.04.2026)
6. Jurafsky D., Martin J. H. *Speech and language processing*. 3rd ed. Stanford : Stanford University, 2023. URL: <https://www.web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/ed3book.pdf> (дата звернення: 26.04.2026).
7. Goldberg Y. *Neural network methods for natural language processing*. San Rafael : Morgan & Claypool Publishers, 2017. 309 p.

DIE ROLLE DES WORTAKZENTS IN WÖRTERN FREMDER HERKUNFT IM MODERNEN DEUTSCHEN

Никифоренко І.В.

Кандидат філологічних наук, доцент
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Чечельницька В.С.

Студентка 4 курсу бакалаврату
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
факультету романо-германської філології
кафедра німецької філології

Der Wortakzent ist in der germanistischen Linguistik aus verschiedenen Blickwinkeln analysiert worden, vor allem im Zusammenhang mit der Phonologie und der Akzenttheorie. Dennoch ist die konkrete Realisierung des Akzents bei Wörtern fremder Herkunft im heutigen gesprochenen Standarddeutsch noch nicht ausreichend untersucht. Das gilt besonders für die Sprache der Nachrichten. Aus diesem Grund erscheint eine Analyse des Wortakzents in Fremdwörtern auf Basis gesprochener Nachrichtensendungen besonders relevant, zumal die mediale Standardsprache im modernen Deutschen eine wichtige normsetzende Rolle übernimmt.

Fremdwörter bilden einen wesentlichen und historisch gewachsenen Bestandteil des deutschen Wortschatzes. Ihre Präsenz im Sprachsystem ist das Ergebnis langanhaltender sprachlicher Kontakte, die durch politische, kulturelle, wirtschaftliche und wissenschaftliche Entwicklungen geprägt wurden. In der germanistischen Linguistik werden Fremdwörter als lexikalische Einheiten definiert, die aus anderen Sprachen übernommen wurden und deren Anpassung an das Deutsche in unterschiedlichem Maße erfolgt. Dabei wird hervorgehoben, dass Fremdwörter kein homogenes Phänomen darstellen, sondern eine Gruppe mit variablen strukturellen, funktionalen und normativen Eigenschaften bilden. In der modernen Forschung wird zudem betont, dass die Verbreitung und Integration von Fremdwörtern im heutigen Sprachgebrauch zunehmend durch digitale Kommunikationsräume und neue mediale Praktiken beeinflusst werden [9, S. 311].

Die Ursachen für die Aufnahme fremder Lexik in das deutsche Sprachsystem sind vielfältig. Historische Sprachkontakte, insbesondere unter dem Einfluss des Französischen im 17. und 18. Jahrhundert sowie des Lateinischen im wissenschaftlichen Diskurs, trugen zu umfangreichen Entlehnungsprozessen bei [8, S. 175]. In der neueren Sprachentwicklung spielt insbesondere das Englische eine dominante Rolle als Gebersprache. Diese Entwicklungen stehen in engem Zusammenhang mit gesellschaftlichen Veränderungen und spiegeln sich deutlich im Wortschatz wider [1, S. 28].

Die akzentuelle Integration fremder Wörter ist zudem eng mit Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozessen verbunden, die bei der Rezeption gesprochener Sprache eine

zentrale Rolle spielen. Psycholinguistische Studien weisen darauf hin, dass Sprecherinnen und Sprecher bei der Wahrnehmung fremder Wörter bevorzugt auf bereits etablierte prosodische Muster der Zielsprache zurückgreifen, da diese eine effizientere Verarbeitung ermöglichen. Akzentmuster, die den prosodischen Erwartungen des Deutschen entsprechen, werden in der Regel schneller erkannt, leichter verarbeitet und als weniger fremd wahrgenommen. Abweichende oder unerwartete Akzentsetzungen können hingegen den Verarbeitungsaufwand erhöhen und dazu führen, dass Wörter als markiert oder nicht normgerecht empfunden werden [5, S. 2035]. Diese Wahrnehmungsmechanismen tragen dazu bei, dass sich bestimmte Akzentvarianten im Sprachgebrauch durchsetzen, während andere langfristig an Akzeptanz verlieren und allmählich verschwinden.

Die Frage nach der Norm und der Variation im Akzent fremder Wörter nimmt in der modernen germanistischen Phonologie eine zentrale Stellung ein. Fremdwörter befinden sich häufig im Spannungsfeld zwischen normierten Ausspracheempfehlungen und tatsächlichem Sprachgebrauch, was sich besonders deutlich in ihrer akzentuellen Realisierung zeigt [6, S. 44]. Der Wortakzent fungiert dabei als sensibles prosodisches Merkmal, an dem sich Prozesse der Normbildung, Variation und des Sprachwandels exemplarisch beobachten lassen.

Unter sprachlicher Norm wird in der Regel ein kodifiziertes, gesellschaftlich akzeptiertes Muster verstanden, das als Referenz für korrektes Sprachhandeln dient. Im Bereich der Aussprache wird diese Norm vor allem durch Aussprachewörterbücher, grammatische Beschreibungen und institutionelle Empfehlungen festgelegt. Für Fremdwörter bedeutet dies, dass bestimmte Akzentvarianten als standardsprachlich korrekt ausgewiesen werden, während andere als nicht normgerecht gelten. Gleichzeitig betont die Forschung, dass Normen nicht statisch sind, sondern sich im Laufe der Zeit verändern und an den realen Sprachgebrauch anpassen können [2, S. 54].

Die Forschung hebt zudem hervor, dass Variation im Akzent fremder Wörter nicht als Defizit, sondern als Ausdruck lebendiger Sprachentwicklung zu verstehen ist. Akzentuelle Schwankungen spiegeln Anpassungsprozesse wider, bei denen sich neue Wörter schrittweise in das prosodische System des Deutschen einfügen. In diesem Zusammenhang wird betont, dass Variation eine Voraussetzung für Selektion und Stabilisierung darstellt: Erst durch das Nebeneinander unterschiedlicher Akzentvarianten kann sich langfristig ein dominantes Muster herausbilden [7, S. 9].

Englische Lehnwörter bilden eine zentrale Gruppe innerhalb des Untersuchungskorpus und spiegeln die bedeutende Rolle des Englischen als wichtigste Donorsprache im modernen deutschen Sprachgebrauch wider. Dies gilt insbesondere für den gesellschaftspolitischen und medialen Diskurs, in dem zahlreiche Begriffe englischen Ursprungs verwendet werden. Die Analyse des Untersuchungskorpus zeigt, dass die akzentuelle Realisierung englischer Lehnwörter im gesprochenen Deutsch durch unterschiedliche Integrationsgrade gekennzeichnet ist und sowohl die Beibehaltung des ursprünglichen Wortakzents als auch verschiedene Formen der Anpassung an deutsche Akzentstrukturen umfasst.

Ein charakteristisches Merkmal vieler englischer Lehnwörter im Untersuchungskorpus [3] ist die Beibehaltung des ursprünglichen Wortakzents, insbesondere bei Begriffen, die eng mit internationaler Kommunikation und modernen Medien verbunden sind. Ein ähnliches Muster zeigt sich auch bei anderen englischen Lehnwörtern, die im medialen Diskurs häufig verwendet werden. So wurde im Sprachmaterial das Wort *Freelancer* im Kontext „*Wenn das heute hier klappt, könnte das mein erster Freelancer-Job sein*“ [4] mit der Akzentstruktur /'fɛi:lɛnsə/ realisiert. Auch hier liegt der Wortakzent auf der ersten Silbe, was mit der englischen Standardaussprache übereinstimmt. Ebenso wurden die Wörter *Marketing* und *Comedy* im Satz „*Vielleicht könnte ich in Richtung Marketing gehen, dazu ein bisschen in der Pflege arbeiten und mit Comedy Geld verdienen*“ [4] mit initialem Wortakzent realisiert (/ 'mɑ:kətɪŋ/, / 'kɒmədi/), was ebenfalls der Akzentstruktur der Donorsprache entspricht. Diese Beispiele zeigen, dass englische Lehnwörter im modernen deutschen Nachrichtendiskurs häufig mit einer Akzentstruktur verwendet werden, die stark an das englische Ausgangsmuster angelehnt ist.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der Wortakzent in Wörtern fremder Herkunft ein dynamisches und vielschichtiges Phänomen im modernen Deutschen darstellt. Die Analyse hat gezeigt, dass insbesondere im gesprochenen Nachrichtendeutsch unterschiedliche Integrationsstrategien nebeneinander existieren: Einerseits bleibt der ursprüngliche Akzent der Donorsprache – vor allem bei englischen Lehnwörtern – häufig erhalten, andererseits sind auch klare Anpassungstendenzen an die prosodischen Muster des Deutschen zu beobachten.

Diese Variation ist nicht als Abweichung von der Norm zu verstehen, sondern als Ausdruck eines fortlaufenden Sprachwandels, in dem sich neue lexikalische Einheiten schrittweise in das phonologische System des Deutschen einfügen. Dabei kommt der medialen Standardsprache eine besondere Rolle zu, da sie durch ihre breite Rezeption maßgeblich zur Stabilisierung oder Veränderung akzentueller Muster beiträgt.

Die Ergebnisse unterstreichen zugleich den weiterhin bestehenden Forschungsbedarf, insbesondere im Hinblick auf empirisch fundierte Analysen gesprochener Sprache. Vor dem Hintergrund aktueller Entwicklungen in Medien und digitaler Kommunikation gewinnt die Untersuchung prosodischer Merkmale wie des Wortakzents zusätzlich an Bedeutung. Damit leistet die vorliegende Arbeit einen Beitrag zum besseren Verständnis der Wechselwirkung zwischen Norm, Variation und Sprachgebrauch und zeigt Perspektiven für weiterführende Studien im Bereich der germanistischen Linguistik und Sprachdidaktik auf.

Literatur

1. Abbasova K. Cultural, Political, and Technological Influences on the Evolution of German. *EuroGlobal Journal of Linguistics and Language Education*: 2024. Vol. 1 No. 2. S. 26–37. DOI: <https://doi.org/10.69760/0rre6252>.
2. Deutsches Aussprachewörterbuch / E.-M. Krech, E. Stock, U. Hirschfeld, L.Ch. Anders. Berlin; New York : Walter de Gruyter, 2010. 1176 p.

3. Die Peter Thiel Story (1/6) – Willkommen im Thielverse. [Elektronische Ressource]. – YouTube. – Zugriffsmodus: <https://www.youtube.com/watch?v=LmcQUEq3HGM>.
4. Dokumentation: Wie wollen junge Menschen arbeiten? - Zwischen Hoffnungen und Zukunftsangst / WISOZD // Heute Nachrichten – Nachrichtenformat [Elektronische Ressource]. – YouTube. – Zugriffsmodus: <https://www.youtube.com/watch?v=rECZR8gpSvY>.
5. Fritz I., Lahiri A., Kotzor S. Shared Loanword Recognition in German–English Bilinguals: The Role of Metrical Phonology. *J Cogn Neurosci*, 2023. Vol. 35. Iss. 12. P. 2028–2048. DOI: https://doi.org/10.1162/jocn_a_02063.
6. Scherer K. Vom Fremdwort zum Lehnwort : Eine Untersuchung zur morphologischen Anpassung im Gegenwartsdeutschen. Mainz : Johannes Gutenberg Universität, 2000. 115 S.
7. Tomaschek F., Domahs U., Domahs F. Modelling German Word Stress. *Glossa: a journal of general linguistics*. 2023. Vol. 8. No. 1. DOI: <https://doi.org/10.16995/glossa.9015>.
8. Білан М. Н. Періоди появи слів французького походження в німецькій мові. Вісник Житомирського державного університету. Філологічні науки. 2011. Вип. 59. С. 174–178. URL: https://eprints.zu.edu.ua/7343/1/vip_59_38.pdf.
9. Никифорова І. В. Digitale Kompetenzen von Lehrkräften im modernen DaF-Unterricht // Актуальні питання лінгвістики та методики викладання іноземних мов: збірник матеріалів VIII міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої пам'яті доктора педагогічних наук, професора В. Л. Скалкина (12 квітня 2022 р.). Одеса: Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2022. С. 310–313.

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ І ЕТИКА ПОВЕДІНКИ УЧАСНИКІВ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Степанюк Галина Миколаївна

приват-доцент, доцент кафедри
мовної підготовки та міжнародної комунікації
Одеська державна академія будівництва та архітектури

Використання сучасних технологій студентами під час засвоєння знань, викладачами в процесі викладання – це данина часу. Стрімкий процес удосконалення різноманітних навчальних платформ, широкий горизонт можливостей, який відкрився перед людством, робить незворотним процес застосування новітніх розробок абсолютно в усіх сферах нашого життя, і першочергово – в освіті.

Але як зазначають автори статті «Використання штучного інтелекту у вищій освіті: стан і тенденції»: «Суспільству необхідні чіткі критерії щодо мети, принципів і цінностей, якими воно буде керуватися під час роботи зі ШІ». [1, 28] Серед них і етичні питання про те, кого вважати автором у випадках, якщо текст написаний за допомогою ШІ, чи варто офіційно дозволяти студентові під час виконання ним домашніх чи контрольних завдань використовувати ШІ.

Розв'язання цієї проблеми, на нашу думку, вже не лежить у площині «заборона-дозвіл», бо не можна заборонити те, що стало невід'ємною частиною життя кожної людини, і питання про дозвіл на використання ШІ студентами скоріше за все на сьогодні можна вважати риторичним, оскільки неодноразово скориставшись ШІ і отримавши майже миттєві результати, студенти ніколи не відмовляться від такої послуги.

У безлічі публікацій інтернет-простору наводяться найрізноманітніші пропозиції щодо способів визначення факту застосування ШІ під час виконання студентами тих чи інших завдань: для перевірки пропонується використовувати програми, які вміють вираховувати втручання ШІ у створення контенту, перевіряти сам процес виконання завдань (наявність чернеток, історії редагувань). Крім того, для запобігання звернень до ШІ, викладачам пропонують створювати завдання різного формату, які б передбачали під час їхнього виконання застосування студентами власного практичного досвіду чи критичного мислення.

На нашу думку, доведення самого факту застосування студентом ШІ для сучасного викладача як учасника навчального процесу, зацікавленого в кінцевому результаті – опануванні студентами викладеним ним матеріалом, не є самоціллю. Адже перевірка робіт студентів з боку викладачів не гарантує стовідсоткової результативності та об'єктивності через низку причин:

- по-перше, будь-яка робота на замовлення студента може бути заздалегідь відредагована тим самим штучним інтелектом, щоб убезпечити її від перевірки на плагіат з боку викладача;

- по-друге, детектори (тестери) також не завжди бездоганно виконують свою роботу, іноді вони можуть помилятися, приймаючи оригінальну роботу за створену програмою.

Тому акцент під час перевірки таких робіт зміщується від запитання «Що написав студент?» до запитання «Як він це зробив?» і чи розуміє, що ІІІ у разі відсутності необхідної інформації, генеруючи відповідь, може помилятися, вигадувати неіснуючі слова, факти, посилання. І що є найбільш важливим: чи може студент пояснити наявні помилки або неточності у відповіді, згенерованій програмою, чи може відповісти на додаткові запитання викладача, чи усвідомлює він, як зауважила у своїй статті Ілійчук Л., що «постійне використання інструментів, замість намагання шукати рішення самостійно призводить до поступової втрати творчих навичок і здатності критичного мислення»,[2, 242] і як наслідок поставить під сумнів перспективи професійного росту.

Першочерговим завданням педагога, на нашу думку, є виховання у студентів критичного ставлення до відповідей, отриманих із застосуванням ІІІ, пропагування думки, що ІІІ – лише інструмент, яким зручно користуватися, але який все ж таки поступається порівняно з людиною в можливостях творчо підійти до розв’язання певної проблеми. Студенти мають навчитися конкурувати з відповідями, наведеними ІІІ, і доводити потужність і неперевершеність людського мислення.

І наслідком такого підходу має бути добровільне й свідоме дотримання студентами академічної доброчесності, а саме: визнання факту використання ресурсів ІІІ, його оформлення з допомогою посилання як на будь-яке інше першоджерело інформації, яке не буде сприйматися спільнотою, і викладачами в тому числі, як ганебна практика, яку треба приховувати. Адже і студенти, і викладачі усвідомлюють, що новітній інструмент в змозі суттєво прискорити і поліпшити виконання будь-якої роботи. Тому, як вважають автори статті «Штучний інтелект у вищій освіті», однією з необхідних умов впровадження та застосування ІІІ є доведення думки до учасників освітнього процесу про використання ІІІ в освітньо-науковій діяльності як інструментарію або методу дослідження на засадах відповідальності, етичності, прозорості та академічної доброчесності. [3, 76]

Підсумовуючи викладене, скористаємося висновком науковця Гунази Л.М., яке він зробив у своїй статті «Штучний інтелект у сучасній освіті: трансформація ролі вчителя, підвищення якості навчання та нові можливості для учнів»: «Важливо продовжувати дослідження та розвиток в галузі штучного інтелекту в освіті, дбаючи про етичне й безпечне використання технологій, забезпечуючи їхню гармонійну інтеграцію в освітній процес». [4, 52] Цілковито його підтримуємо. Питання етики поведінки учасників навчального процесу – далеко не останнє у використанні ІІІ освітянами.

Список літератури:

1. Андрощук А.Г., Малюга О. С. Використання штучного інтелекту у вищій освіті: стан і тенденції. *International Science Journal of Education and Linguistics*. 2024. № 3 (2). С. 27-35. <https://doi.org/10.46299/j.isjel.20240302.04>
2. Ілійчук Л. Штучний інтелект і якість освіти: можливості, виклики та загрози. *Науково-педагогічні студії*. 2024. № 8. С. 232-248. URL: <https://doi.org/10.32405/2663-5739-2028-8-232-248>
3. Драч І., Петроє О., Бородієнко О., Регейло І., Базелюк О., Базелюк Н., Слободянюк О. Використання штучного інтелекту у вищій освіті. *Міжнародний науковий журнал «Університети і лідерство»*. 2023. № 15 С. 66–82. URL: <https://dspace.lvduvs.edu.ua/bitstream/1234567890/7011/1/213-Article%20Text-384-1-10-20230707.pdf>
3. Гуназа Л. М. Штучний інтелект у сучасній освіті: трансформація ролі вчителя, підвищення якості навчання та нові можливості для учнів *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*. 2023. № 90. С. 46-53. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pfto_2023_90_10

TECHNOLOGY-INDUCED STRESS AND EMOTIONAL SELF-REGULATION: EXPLORING THE POTENTIAL OF THE ELHM METHOD

Dunaievska Tetiana,

Master's Degree Student (Second Level of Higher Education),
H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University,
Founder of KIT Academy

Abstract

The rapid development of the digital environment has significantly transformed the conditions of human life. Digital devices, online communication, constant access to information, and the automation of professional and everyday processes have expanded human capabilities and increased the speed of interaction with the outside world. At the same time, the growing presence of technology in daily life has generated new forms of psychological pressure associated with information overload, accelerated communication, multitasking, and reduced inner balance [15; 17].

Under such conditions, emotional self-regulation becomes one of the key adaptive skills of modern individuals. The ability to recognize one's feelings, understand inner reactions, and restore inner stability is increasingly important for maintaining psycho-emotional well-being in the digital age [14; 20; 24]. In this context, the ELHM method is of particular interest as a structured practical approach focused on emotional awareness, the identification of inner blockages, and the development of emotional resilience [21; 23; 25; 28].

The purpose of this paper is to examine technology-induced stress as a phenomenon of the modern era and to explore the potential of the ELHM method as a tool of emotional self-regulation and psychological adaptation in conditions of digital overload.

Keywords: technology-induced stress, emotional self-regulation, digital environment, emotional resilience, psychological adaptation, ELHM, emotional awareness, psycho-emotional well-being

1. Introduction

The current stage of social development is characterized by the rapid expansion of technological possibilities that penetrate ever more deeply into everyday human life. Digital devices, online communication, constant access to information, and the automation of professional and domestic processes have significantly simplified the performance of many tasks, increased the speed of data exchange, and expanded opportunities for both professional and personal development. Technology has indeed become an extension of human capabilities, enhancing response speed, the volume of perceived information, and the degree of involvement in global processes.

At the same time, the intensification of technological presence in human life has generated new forms of psychological pressure. Constant immersion in the digital

environment, the need to respond quickly to external stimuli, the high density of information flows, multitasking, and the reduced amount of time spent in a state of inner quiet create conditions for the accumulation of emotional tension [15; 17]. Individuals increasingly find themselves in a state of hidden overload that may not be recognized immediately but gradually manifests through irritability, anxiety, inner fatigue, distracted attention, and a reduced capacity for self-regulation [1; 15; 17].

The relevance of this topic is determined by the fact that in the technological era, the issue of psychological resilience is becoming no less significant than the issue of efficiency and adaptability. If technology expands the external capacities of a person, it is emotional self-regulation that determines whether one is able to maintain inner balance under the constant pressure of the external environment [14; 15; 17]. In this context, particular importance is attached to practical methods aimed at increasing awareness of one's condition, working with feelings, and restoring inner support [20; 24; 26]. The study of technology-induced stress and the search for effective approaches to overcoming it represent an important direction of contemporary psychological science and practice [17; 20; 24].

2. Technology-Induced Stress as a Phenomenon of the Modern Era

Technology-induced stress may be defined as a form of psychological tension arising from a person's constant interaction with the digital environment. Unlike traditional stressors connected with physical pressure or isolated crisis events, this type of stress develops gradually and accumulates under conditions of continuous information activity, digital availability, and the need for ongoing cognitive and emotional involvement [15; 17]. Its specificity lies in the fact that individuals may perceive such a state as a normal characteristic of modern life without noticing the gradual depletion of their internal resources [1; 15].

One of the key factors of technology-induced stress is information overload. Modern individuals encounter a large number of messages, notifications, visual stimuli, and tasks requiring constant shifts of attention on a daily basis. This leads to a decrease in the depth of perception, fragmentation of thinking, and a persistent sense of incompleteness [10; 11]. As a result, attention becomes less stable and the psyche less capable of recovery [10; 17].

The digital environment also significantly affects the emotional state of the individual. Constant comparison with others, dependence on feedback, the accelerated pace of communication, the expectation of immediate responses, and continuous contact with external stimuli intensify inner tension [2; 3; 4; 17]. A person may experience increased anxiety, a sense of pressure, exhaustion, or emotional emptiness [1; 15; 17]. At the same time, they may remain socially active and outwardly functional, which makes this form of stress less visible though no less significant.

Another important feature of this phenomenon is the disruption of a person's connection with their own inner state. When a significant part of attention is constantly directed outward, the ability to recognize one's feelings, notice fatigue, respond to internal signals in a timely manner, and regulate emotional reactions decreases [20; 24]. This weakens inner balance and complicates psychological adaptation [14; 20; 24]. Thus, technology-induced stress may be regarded as one of the characteristic

psychological challenges of the modern era, requiring not only theoretical understanding but also the development of practical methods of emotional self-regulation [17; 20; 24].

3. **Emotional Self-Regulation as an Essential Skill of Modern Individuals**

In the conditions of contemporary technological reality, external efficiency is increasingly regarded as one of the main indicators of personal success. The ability to respond quickly, process large volumes of information, remain constantly available for communication, adapt to change, and maintain high productivity is often treated as a social norm [6; 8; 14]. However, such an orientation primarily toward external outcomes is not always accompanied by the preservation of inner psychological balance. On the contrary, in the absence of well-developed emotional self-regulation skills, high external activity may coexist with inner exhaustion, anxiety, irritability, and a sense of losing connection with oneself [1; 15; 17].

For this reason, external efficiency alone is no longer sufficient in modern reality. A person may successfully perform professional and social functions while simultaneously experiencing chronic tension, emotional overload, and a decline in the quality of inner life [6; 15; 17]. Under such conditions, the ability to manage one's internal state becomes not an additional advantage but a basic adaptive skill. Emotional self-regulation makes it possible to recognize one's feelings in time, understand inner reactions to ongoing events, reduce the intensity of destructive tension, and restore a state of inner stability [1; 20; 24].

Emotional self-regulation becomes especially important under conditions of constant informational pressure and an accelerated pace of life. When a person's attention is continuously dispersed by external stimuli, the risk of losing sensitivity to internal signals increases [10; 11]. As a result, the ability to notice accumulating fatigue, recognize emotional blockages, and adjust one's state before tension develops into deeper stress becomes weakened [20; 24]. Therefore, the development of emotional self-regulation should be viewed as a crucial condition for psychological adaptation, the maintenance of psycho-emotional well-being, and the preservation of personal integrity in the digital age [14; 17; 24].

4. **The ELHM Method as a Practical Tool for Working with Emotional States**

In the context of seeking effective approaches to maintaining inner stability, the **Emotional-Level Happiness Management (ELHM)** method is of particular interest as a practical tool for working with human emotional states [21; 23; 25; 28]. This method is aimed at increasing awareness of one's current inner condition, identifying emotional blockages, and systematically working with feelings as an important resource of psychological resilience [20; 21; 24]. Unlike approaches that focus primarily on external behavior or rational analysis, ELHM emphasizes the deep connection between emotional experience, inner reactions, and a person's ability to adapt to life's pressures [20; 23; 24].

The logic of the method is based on the assumption that a person's emotional state directly influences the quality of perception, decision-making, the level of inner support, and overall psycho-emotional well-being [15; 20; 24]. If feelings remain

unrecognized, suppressed, or internally blocked, this may intensify tension, complicate adaptation, and reduce a person's ability for stable self-management [1; 20; 24]. Accordingly, work with the emotional sphere is viewed not as a secondary element of psychological support but as an important direction for restoring inner balance [20; 24; 26].

The practical value of the ELHM method lies in its focus on developing awareness of one's own feelings, recognizing internal limitations, and forming a more stable way of relating to emotional experiences [20; 21; 23; 24]. The method may be considered a structured approach that contributes to the reduction of inner tension, the deepening of self-understanding, and the development of emotional resilience [21; 24; 25; 28]. Under conditions of technology-induced stress, when individuals often lose connection with their inner state due to the constant outward direction of attention, such approaches acquire particular significance [17; 20; 24]. In this sense, ELHM may be interpreted as a promising practical instrument of psychological adaptation within the contemporary digital environment [21; 25; 28].

5. The Potential of the ELHM Method in Conditions of Digital Overload

Under conditions of digital overload, the **Emotional-Level Happiness Management (ELHM)** method may be considered a promising practical approach aimed at reducing inner tension, strengthening emotional resilience, and restoring a person's connection with their inner state [21; 24; 25; 28]. The digital environment creates a specific type of everyday pressure in which a person's attention is constantly directed outward, while internal signals, feelings, and emotional reactions often remain insufficiently recognized [17; 20; 24]. As a result, an individual may preserve external activity and functionality while simultaneously experiencing accumulated tension, emotional exhaustion, and a reduced capacity for inner self-regulation [15; 17; 24].

In this context, the value of the ELHM method lies in its orientation toward bringing a person's attention back to their inner condition [20; 21; 24]. Working with feelings within this approach makes it possible not only to identify already manifested emotional difficulties but also to gain deeper awareness of the inner processes that precede the state of chronic overload [21; 23; 24]. Such an approach creates conditions for more timely recognition of emotional blockages, increased sensitivity to one's internal signals, and the formation of a more stable inner support system [20; 24; 26].

The potential of the ELHM method in the context of digital overload is also connected with its ability to promote a more conscious attitude toward one's emotional reactions [20; 21; 24]. This is particularly important in situations of constant informational stimulation, when emotional states may change rapidly and the internal processing of experiences becomes difficult [17; 24]. Systematic work with feelings helps reduce the intensity of inner tension, lower the level of emotional fragmentation, and restore a person's ability to perceive themselves and ongoing processes in a more integrated way [21; 24; 25; 28].

Thus, the ELHM method may be interpreted as a practical instrument of psychological adaptation in the digital age [21; 25; 28]. Its application appears significant not only in the context of individual support for people experiencing the effects of technology-induced stress, but also in the broader context of searching for

contemporary approaches to the preservation of psycho-emotional well-being [17; 24; 28]. Under conditions in which technology increasingly determines the rhythm and structure of everyday life, methods aimed at restoring inner stability and conscious self-connection acquire particular scientific and practical value [14; 17; 24].

Conclusions

The analysis presented in this paper makes it possible to conclude that in the technological era, the problem of emotional self-regulation acquires particular significance [14; 17]. The rapid development of the digital environment, constant informational availability, the acceleration of the pace of life, and the high density of external stimuli create new conditions of human existence in which psychological resilience becomes one of the key factors in preserving personal integrity and psycho-emotional well-being [15; 17]. Under these conditions, a person's ability to recognize their own feelings, identify inner tension in a timely manner, and regulate their emotional state becomes not a secondary quality but a necessary condition for adaptation [1; 20; 24].

Technology-induced stress should be regarded as one of the characteristic psychological challenges of modernity, requiring the development and implementation of practical approaches aimed at restoring inner balance [17; 20; 24]. In this context, the **Emotional-Level Happiness Management (ELHM)** method is of interest as a structured approach focused on working with emotional states, developing awareness, and strengthening inner resilience [21; 23; 24; 28]. Its potential lies in the possibility of contributing to the reduction of emotional tension, deepening a person's connection with their inner condition, and forming more stable mechanisms of self-regulation [20; 21; 24; 25].

Therefore, the development of emotional self-regulation in conditions of technological reality may be defined as a necessary direction of contemporary psychological practice [14; 17]. The ELHM method, in turn, may be considered a promising practical approach in this field, deserving further theoretical reflection and practical application in the context of human psychological adaptation to the conditions of the digital age [21; 25; 28; 29].

References

1. Beck, A. T. (1979). Cognitive therapy and the emotional disorders. New York: Penguin.
2. Brooks, A. C. (2019, July). Your professional decline is coming much sooner than you think. The Atlantic.
3. Brooks, A. C. (2020, July 30). Success addicts choose being special over being happy. The Atlantic.
4. Brooks, A. C. (2021, November 2). How to find the secret to meaningful work. The Atlantic.
5. Brooks, A. C. (2022, February 8). How wanting less leads to satisfaction. The Atlantic.

6. Brooks, A. C. (2022). *From strength to strength: Finding success, happiness, and deep purpose in the second half of life*. New York: Portfolio.
7. Brooks, A. C. (2023, September 1). Harvard's Arthur C. Brooks on the secrets to happiness at work. *Harvard Business Review*.
8. Brooks, A. C. (2025). *The happiness files: Insights on work and life*. Boston: Harvard Business Review Press.
9. Brooks, A. C., & Winfrey, O. (2023). *Build the life you want: The art and science of getting happier*. New York: Portfolio.
10. Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York: Harper & Row.
11. Csikszentmihalyi, M. (1997). *Finding flow: The psychology of engagement with everyday life*. New York: Basic Books.
12. de Haan, E. (2008). *Relational coaching: Journeys towards mastering one-to-one learning*. Chichester: Wiley.
13. de Haan, E., Duckworth, A., Birch, D., & Jones, C. (2013). Executive coaching outcome research: The contribution of common factors. *International Coaching Psychology Review*, 8(1), 40–57.
14. Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11(4), 227–268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01
15. Diener, E. (1984). Subjective well-being. *Psychological Bulletin*, 95(3), 542–575. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.95.3.542>
16. Diener, E., Emmons, R. A., Larsen, R. J., & Griffin, S. (1985). The Satisfaction With Life Scale. *Journal of Personality Assessment*, 49(1), 71–75.
17. Diener, E., Oishi, S., & Tay, L. (2018). Advances in subjective well-being research. *Nature Human Behaviour*, 2(4), 253–260.
18. Dunaievskaya, T. (2024). Into the future through the subconscious. 7 Dniv. <https://7dniv.rv.ua/suspilstvo/u-maybutnie-cherez-pidsvidomist>
19. Dunaievskaya, T. (2025). Conscious entrepreneurship: The power that begins within. *Programming Insider*. <https://programminginsider.com/tetiana-dunaievskaya-conscious-entrepreneurship-the-power-that-begins-within/>
20. Dunaievskaya, T. (2025). The role of emotional awareness in personal development and coaching practice. *Scientific Notes of Central Ukrainian State University. Series: Pedagogical Sciences*, (213), 19–23. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2025-1-213-19-23>
21. Dunaievskaya, T. (2025). *Emotional-Level Happiness Management: Method and practice of emotional transformation*. Amazon KDP. <https://www.amazon.com/dp/B0F897K2M7>
22. Dunaievskaya, T. (2025). *Managing happiness: The art of living consciously*. TechBullion. <https://techbullion.com/tetiana-dunaievskaya-managing-happiness-the-art-of-living-consciously/>
23. Dunaievskaya, T. (2025). Emotional-level happiness management in the system of personal development and coaching practice. *Millenium Scientific Journal*, No. 250. <https://journal.milleniumra.com.ua/250/14462/>

24. Dunaievska, T. (2025). The role of emotional awareness in the development of internal support and psychological resilience. *Millenium Scientific Journal*, No. 253. <https://journal.milleniumra.com.ua/253/14873/>
25. Dunaievska, T. (2026). Emotional-level happiness management as a method of psychological transformation. *Current trends in the development of science and society*.
26. Dunaievska, T. (2025). PEDAGOGICAL TECHNOLOGIES FOR FORMING AWARENESS AND EMOTIONAL RESILIENCE IN THE EDUCATIONAL PROCESS. *Academic Notes. Series: Pedagogical Sciences*, (221), 169-173. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2025-1-221-169-173>
27. Dunaievska, T. (2026). Current trends in the development of science and society. In *Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference “Current Trends in the Development of Science and Society”* (pp. 206–216). Oslo, Norway. <https://doi.org/10.46299/ISG.2026.1.10>
28. Dunaievska, T. (2026). Emotional-level happiness management as a method of psychological transformation. In *Global trends and directions of scientific research development: Proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference* (pp. 206–210). Bilbao, Spain: International Science Group. <https://doi.org/10.46299/ISG.2026.1.13>
29. Savchuk, V. O., Dunaievska, T. O., & Polenkova, M. V. (2025). The leader psychology and team building. *Humanitarian Forum*, 3(2), 67–76. [https://doi.org/10.60022/3\(2\)-9-GF](https://doi.org/10.60022/3(2)-9-GF)

ПОДОЛАННЯ СУПРОТИВУ МЕДІАЦІЇ У ВІДНОВНОМУ ПРАВОСУДДІ

Ковальчук Ореста,

студентка магістратури, кафедра психології та соціальної
роботи Західноукраїнського національного університету,
завідувач сектором Львівського науково-дослідного інституту
судових експертиз

Актуальність теми

У сучасних умовах реформування правової системи України особливого значення набуває впровадження відновного правосуддя як альтернативного підходу до вирішення конфліктів та кримінальних правопорушень. Відновне правосуддя орієнтоване не на покарання, а на відновлення справедливості, примирення сторін та відшкодування завданої шкоди.

Одним із ключових інструментів відновного правосуддя є медіація як добровільний, конфіденційний і структурований процес за участю нейтрального посередника. Однак, незважаючи на її ефективність, впровадження цього інституту в Україні натрапляє на істотний супротив як з боку учасників правовідносин, так і з боку представників правничої спільноти.

Поняття та роль медіації у відновному правосудді

Медіація – це добровільний, конфіденційний та структурований процес врегулювання конфлікту за участю нейтральної третьої сторони – медіатора, який сприяє комунікації між сторонами та допомагає їм самостійно дійти взаємоприйняттого рішення. Вона ґрунтується на принципах добровільності, неупередженості, рівності сторін і орієнтації на їхні інтереси, а не лише на правові позиції [1].

У контексті кримінальних правовідносин медіація виступає як інструмент альтернативного вирішення спорів між потерпілим і правопорушником, що дозволяє вийти за межі традиційного карального підходу [2].

Поняття відновного правосуддя.

Відновне правосуддя – це підхід у сфері кримінальної юстиції, спрямований на відновлення порушених суспільних відносин, компенсацію шкоди потерпілому та реінтеграцію правопорушника в суспільство. Його ключовою ідеєю є не покарання як самоціль, а відновлення справедливості через діалог, відповідальність і примирення [3].

Медіація є центральним механізмом реалізації відновного правосуддя, оскільки саме вона створює безпечний простір для діалогу між сторонами конфлікту.

Роль медіації у відновному правосудді.

1. Забезпечення діалогу між сторонами.

Медіація дає можливість потерпілому і правопорушнику безпосередньо обговорити ситуацію, висловити свої почуття, потреби та очікування. Це сприяє кращому розумінню причин конфлікту.

2. Відшкодування шкоди.

У процесі медіації сторони можуть погодити конкретні способи компенсації — матеріальної або моральної. Це дозволяє більш повно відновити порушені права потерпілого.

3. Формування відповідальності правопорушника.

На відміну від формального судового процесу, медіація стимулює усвідомлення наслідків своїх дій, що є важливим елементом ресоціалізації.

4. Зниження рівня конфліктності та рецидиву.

Завдяки досягненню добровільної угоди між сторонами зменшується ймовірність повторних правопорушень і ескалації конфлікту.

5. Гуманізація кримінальної юстиції.

Медіація сприяє переходу від каральної моделі до відновної, де враховуються інтереси всіх учасників процесу, особливо потерпілого.

6. Розвантаження судової системи.

Застосування медіації дозволяє зменшити кількість судових справ, що є важливим для ефективності правосуддя.

Медіація — це структурований процес, у якому сторони конфлікту за допомогою медіатора прагнуть досягти взаємоприйнятної рішення. У контексті відновного правосуддя медіація сприяє:

- відновленню порушених соціальних зв'язків;
- врахуванню інтересів потерпілої сторони;
- ресоціалізації правопорушника;
- зменшенню рівня рецидиву.

На відміну від традиційного судового процесу, медіація дозволяє сторонам активно брати участь у вирішенні конфлікту, що підвищує рівень довіри до правової системи.

Основні причини супротиву медіації

Супротив медіації має комплексний характер і обумовлений низкою факторів:

1. Правова необізнаність

Багато громадян не мають достатнього розуміння сутності медіації, її переваг та можливостей застосування. Це породжує недовіру та небажання брати участь у процесі.

2. Стереотипи щодо «м'якості» підходу

Поширеною є думка, що медіація є «поблажливим» механізмом, який не забезпечує належного покарання правопорушника. Такий підхід ґрунтується на традиційному розумінні справедливості як відплати, що історично домінує у кримінально-правовій доктрині, однак не враховує потенціалу відновного підходу щодо компенсації шкоди та ресоціалізації правопорушника.

3. Опір з боку представників правової системи

Деякі судді, прокурори та адвокати сприймають медіацію як потенційну загрозу своїй професійній ролі або як інструмент, що зменшує їхній вплив у процесі вирішення спорів. Така позиція зумовлена як усталеними професійними стереотипами, так і недостатнім розумінням переваг відновних практик, зокрема їх здатності сприяти ефективнішому вирішенню конфліктів, зниженню навантаження на судову систему та досягненню більш стійких результатів для сторін.

4. Недостатня інституційна підтримка

Недостатній рівень організаційно-правового забезпечення медіації, зокрема відсутність чітких процедур та належного фінансування, істотно обмежує її практичне впровадження.

5. Психологічні бар'єри сторін

Потерпілі часто не готові до безпосереднього діалогу з правопорушником у межах медіації через емоційні переживання та недовіру, тоді як правопорушники можуть уникати участі у процедурі через страх осуду, сором або небажання визнавати власну відповідальність, що загалом знижує ефективність таких механізмів.

Наслідки супротиву медіації

Супротив медіації призводить до:

- перевантаження судової системи;
- зниження ефективності правосуддя;
- відсутності реального відновлення шкоди;
- збереження конфліктів у латентній формі;
- високого рівня повторних правопорушень.

Таким чином, ігнорування потенціалу медіації негативно впливає як на окремих осіб, так і на суспільство в цілому.

Шляхи подолання супротиву медіації

1. Підвищення правової обізнаності

Необхідно проводити інформаційні кампанії, освітні заходи та тренінги для населення щодо сутності та переваг медіації [6].

2. Підготовка фахівців

Важливим є навчання суддів, прокурорів, адвокатів та медіаторів принципам відновного правосуддя та практиці застосування медіації.

3. Законодавче вдосконалення

Потрібно забезпечити чітке нормативне регулювання медіації, визначити її місце у кримінальному процесі та передбачити стимули для її використання.

4. Інституційний розвиток

Створення центрів медіації, впровадження програм відновного правосуддя та забезпечення їх фінансування сприятиме поширенню цієї практики.

5. Формування довіри

Позитивний досвід застосування медіації має активно популяризуватися через медіа та професійні спільноти.

6. Психологічна підтримка учасників

Залучення психологів та соціальних працівників допоможе сторонам подолати внутрішні бар'єри та підготуватися до діалогу.

Особливості впровадження в Україні

Впровадження відновного правосуддя в Україні є поступовим і комплексним процесом, що поєднує правові, соціальні та культурні зміни. Відновне правосуддя розглядається як підхід, у центрі якого перебуває не покарання правопорушника, а відновлення шкоди, завданої потерпілому, а також налагодження діалогу між усіма сторонами конфлікту. В українському законодавстві вже існують окремі елементи цього підходу, зокрема можливість укладення угод про примирення у кримінальному процесі, а також реалізація пілотних програм за підтримки Міністерство юстиції України. Водночас цілісної законодавчої бази, яка б системно регулювала відновне правосуддя, наразі ще не сформовано [4, 5].

Висновки

Медіація є важливим елементом відновного правосуддя, що сприяє гуманізації правової системи та підвищенню її ефективності. Однак її впровадження в Україні супроводжується значним супротивом, який має як об'єктивні, так і суб'єктивні причини.

Подолання цього супротиву можливе лише за умови комплексного підходу, що включає:

- правову просвіту населення;
- професійну підготовку фахівців;
- розвиток інституційної бази;
- формування культури діалогу та довіри.

Успішна інтеграція медіації у систему правосуддя сприятиме не лише зниженню навантаження на суди, але й створенню більш справедливого, людяного та ефективного суспільства.

Список використаних джерел:

1. Закон України «Про медіацію». (2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1875-20#Text>.
2. Коваль, Р. В. (2019). Медіація як альтернативний спосіб вирішення спорів в Україні. Право України, № 3, 45–52.
3. Головка, В. О. (2020). Відновне правосуддя: сучасні тенденції розвитку. Юридична наука, № 2, 112–118.
4. Баранов, О. А. (2022). Розвиток медіації в Україні: сучасний стан та перспективи. Юридичний вісник, № 4, 34–40.
5. Козьяков І. М. Відновне правосуддя в Україні: проблеми та перспективи впровадження. Право і суспільство. 2021. № 2. С. 78–84.
6. Яремко О.М., Шафранський В.В. Інформування про медіацію як повноваження виконавчих органів місцевого самоврядування. Аналітично-порівняльне правознавство. 2023. № 4. С. 199-2056.

ПСИХОСЕМАНТИЧНА МОДЕЛЬ ЖИТТЄВОЇ АНТИЦИПАЦІЇ ЯК РАМКА ДОСЛІДЖЕННЯ МАЙБУТНЬОГО У ДОРОСЛИХ ІЗ РАС

Продан Євген Олександрович

аспірант, викладач, клінічний психолог
кафедри загальної та соціальної психології,
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Новікова Софія Віталіївна

студентка кафедри загальної та соціальної психології
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Кузьміна Єлизавета Сергіївна

студентка кафедри загальної та соціальної психології
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

Проблема дослідження майбутнього у дорослих із розладом аутистичного спектра зазвичай аналізується через окремі когнітивні домени, зокрема епізодичне мислення про майбутнє, проспективну пам'ять, предиктивну обробку або часову феноменологію. У статті обґрунтовано, що такого підходу недостатньо, оскільки він не дозволяє описати, яким чином суб'єкт надає смисл власному майбутньому та організує його у внутрішньому досвіді. Саме тому як методологічне підґрунтя пропонується психосемантична модель життєвої антиципації, що дає змогу вивчати не лише механізми прогнозування, а й змістову структуру очікуваних майбутніх станів (Батраченко & Блавацька, 2013; Батраченко & Рихальська, 2009).

Дослідницький фокус цих тез полягає у висвітленні психосемантичного виміру авторської моделі. У статті показано, що життєва антиципація є смисло-опосередкованою вищою психічною функцією, яка організується через систему особистісних конструктів і антиципативних схем. Надпорядковим конструктом такої системи виступає біполярна вісь «щасливе – нещасливе майбутнє», яка поєднується з імовірнісною оцінкою та часовою структурою (Батраченко & Рихальська, 2009). Завдяки цьому майбутнє може бути описане як профіль, у якому валентність, суб'єктивна ймовірність і часова дистанція утворюють індивідуальну конфігурацію очікувань.

Для дорослих із РАС у статті висувається припущення про меншу когнітивну складність такого профілю, його темпоральну нерівномірність та можливу більшу насиченість негативними очікуваннями щодо близького майбутнього. Це припущення спирається на дані про знижену специфічність епізодичного мислення про майбутнє та виражену інтолерантність до невизначеності в аутизмі (Lind & Bowler, 2010; Jenkinson et al., 2020; Bird et al.,

2024). Наукова новизна підходу полягає в тому, що він створює міст між рівнем нейрокогнітивних механізмів і рівнем суб'єктивного переживання майбутнього. У межах статті психосемантична рамка не протиставляється моделям предиктивного кодування, а доповнює їх, дозволяючи перейти від опису ослаблених апріорів і зниженої аутоноетичної усвідомленості до конкретних емпіричних гіпотез.

До таких гіпотез належать припущення про збідненість антиципативних схем, зниження темпу й флюентності генерування майбутніх сценаріїв, а також специфічний патерн тривожності близького майбутнього. Методологічно це відкриває можливість використання імовірнісних таблиць профілю майбутнього, *repertory grid* та структурованих інтерв'ю для екстерналізації антиципативних схем. Отже, стаття дає підстави розглядати психосемантичний аналіз як перспективний шлях операціоналізації життєвої антиципації у дорослих із РАС. Його значення полягає не лише в теоретичному уточненні феномена, а й у створенні основи для подальших емпіричних досліджень, чутливих до гетерогенності аутистичного спектра, індивідуальних профілів майбутнього та практичних завдань психологічної підтримки.

Список використаних джерел

1. Lind, S. E., & Bowler, D. M. (2010). *Episodic memory and episodic future thinking in adults with autism*. *Journal of Abnormal Psychology*, 119(4), 896–905. <https://doi.org/10.1037/a0020631>
2. Jenkinson, R., Milne, E., & Thompson, A. (2020). *The relationship between intolerance of uncertainty and anxiety in autism: A systematic literature review and meta-analysis*. *Autism*, 24(8), 1933–1944. <https://doi.org/10.1177/1362361320932437>
3. Bird, S., Moid, L. A. E., Jones, C. A., & Surtees, A. D. R. (2024). *The relationships between restrictive/repetitive behaviours, intolerance of uncertainty, and anxiety in autism: A systematic review and meta-analysis*. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 117, 102428. <https://doi.org/10.1016/j.rasd.2024.102428>
4. Батраченко, І. Г., & Блавацька, І. Є. (2013). *Психосемантична діагностика життєвої антиципації*. *Вісник Дніпропетровського університету. Серія: Педагогіка і психологія*, 19. <https://doi.org/10.15421/1013105>
5. Батраченко, І. Г., & Рихальська, О. Г. (2009). *Психологія життєвої антиципації особистості: монографія*. Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ ім. О. Гончара. 168 с.

ВИРІВНЮВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ РЯДІВ ПОХИБОК НАВІГАЦІЙНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Алексейчук Богдан Михайлович

аспірант

Одеський Національний Морський Університет

Нормальний закон розподілу, який також називають законом Гауса, виконує виключно важливу роль в теорії вірогідності, - це закон розподілу, що найчастіше зустрічається на практиці. Головна особливість цього закону полягає у тому, що він є граничним законом, до якого наближаються інші закони розподілу за деяких типових умов. Тому вважається, що випадкові похибки навігаційних вимірювань також розподілені за нормальним законом.

Однак останнім часом опубліковані роботи, в яких показано, що випадкові похибки вимірювань можуть мати закон розподілу, який відмінний від нормального закону.

Так в роботі [1] приведено аналіз статистичних даних відносно точності визначення місця судна супутниковою навігаційною системою, який відкидає гіпотезу розподілу похибок вимірювання широти та довготи за нормальним законом, чим мотивується необхідність використання інших законів розподілу.

Аналіз обробки статистичних матеріалів похибок вимірювань представлено в роботах [2, 3], який показав, що їх розподіл вірогідності не відповідає нормальному закону. Тому виникла потреба визначити закон розподілу похибок вимірювання деяких навігаційних параметрів проведених в реальних умовах плавання судна.

Для визначення закону розподілу похибок навігаційних вимірювань під час рейсу судна проводились серії вимірювання навігаційних параметрів кількістю більше 100 вимірювань, які здійснювалися на стоянці судна, причому за допомогою РЛС вимірювалися дистанція і пеленг на нерухомий орієнтир, а за допомогою приймача супутникової навігаційної системи GPS фіксувалися широта і довгота судна.

Вимірювання виконувалися в трьох портах наступним чином. Спочатку вимірювалися пеленг і дистанція до орієнтиру, записувалися їх значення, а потім відліки РЛС збивалися. Після цього фіксувалися координати судна. Операція повторювалася через деякий інтервал часу. Інтервал часу проведення всіх вимірювань планувався так, щоб в першому порту він був якнайменшим (близько 8 годин, 150 вимірювань), в другому порту вимірювання проводилися протягом доби (210 вимірювань), а в третьому порту - протягом двох діб (250 вимірювань). Різна тривалість і число вимірювань вибиралися для виявлення впливу чинника часу на похибки вимірювань.

В кожному порту були одержані 4 серії вимірювань навігаційних параметрів, а за час рейсу - 12 серій вимірювань. Для кожної серії вимірювань визначали середнє значення навігаційного параметру і розраховували значення похибки

вимірювань, які в сукупності складали вибірку похибок, що виникають при вимірюванні вибраного параметру. В цьому випадку похибки вибірки являються центрованими, тобто їх математичне очікування рівне нулю. Також розраховувалися дисперсія і середнє квадратичне відхилення (с.к.в.) похибки кожної вибірки, які приведені в табл. 1.

Таблиця 1.
Характеристики вибірок

Порт	Навігаційн. параметр	Число вимірювань	Середнє значен.	Дисперсія D	с. к. в. σ
Перший	пеленг	150	350,63°	0,173	0,415° = 24,9'
Перший	дистанція	150	0.1526 мм	5,85	2,42 м
Перший	широта	150	15°24',21 N	33,84	5,82 м
Перший	довгота	150	73°48',5 E	40,46	6,36 м
Другий	пеленг	210	217,41°	0,222	0,47° = 28,3'
Другий	дистанція	210	0.3378 мм	19,7	4,44 м
Другий	широта	210	28°49',10 S	47,13	6,87 м
Другий	довгота	210	32°02',89 E	44,4	6,67 м
Третій	пеленг	250	122,21°	0,246	0,496° = 29,76'
Третій	дистанція	250	0.1206 мм	5,68	2,38 м
Третій	широта	250	14°41',00 N	38,11	6,17 м
Третій	довгота	250	17°25',43 W	39,84	6,31 м

Надалі по кожній вибірці будувалася гістограма і проводилася перевірка статистичних гіпотез, в процесі якої визначається ступінь згоди статистичного матеріалу вибірки з вибраними законами розподілу вірогідності похибок.

Задача вирівнювання статистичного ряду являється задачею найкращої відповідності між статистичним і теоретичним розподілами, тобто між гістограмою вибірки і кривою щільності розподілу. Причому мірою такої відповідності вибрано критерій згоди χ^2 – Пірсона.

В якості гіпотез в даній роботі вибрані нормальний закон і змішані закони першого (1) і другого (2) типу, щільності яких мають наступний вигляд [4]:

$$f_1(x) = \frac{2^n \alpha^{n+\frac{1}{2}} n!}{\sqrt{2\pi} 1 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (2n-1)} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{n+1}}, \quad (n \leq 6) \quad (1)$$

$$f_2(x) = \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot (2n+1) \alpha^{n+1}}{\sqrt{2} 2^{n+1} n!} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{n+1,5}}, \quad (n \leq 5) \quad (2)$$

де α - масштабний параметр;

n – істотний параметр.

Розрахунок критерію згоди χ^2 – Пірсона проводиться за виразом:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^s \frac{(m_i - NP_i)^2}{NP_i},$$

де m_i - кількість членів вибірки в розряді;

s - число розрядів гістограми; N - кількість членів вибірки;

$P_i = F_{kn}(x_i) - F_{kn}(x_{i-1})$, тут x_i - межі розрядів гістограми;

$F_{kn}(x_i)$ - функція розподілу гіпотетичного закону.

Таким чином, для кожного розряду розраховуються значення функції розподілу на його межах, по яким визначається величина вірогідності P_i , добутку NP_i і складовою χ_i^2 критерію згоди χ^2 .

Розрахунок P_i для нормального закону проводився з використанням функції Лапласа, а в разі змішаних законів застосовувалася їх функція розподілу для першого (3) і другого (4) типу:

$$F_{kn}(x) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \arctg \frac{x}{\sqrt{2\alpha}} + \sum_{i=1}^n \frac{2^{n-i} \alpha^{(n-i)+\frac{1}{2}} (n-i)!}{\sqrt{2\pi} 1 \cdot 3 \cdot [2n - (2i-1)] \left(\frac{x^2}{2} + \alpha\right)^{n+1-i}} x, \quad (n \leq 6) \quad (3)$$

$$F_{pn}(x) = 1 - 2^n 1 \cdot 3 \cdot (2n+1) \left\{ \sum_{j=0}^n \frac{(-1)^j}{j!(n-j)!(n+1+j)} \frac{\alpha^{n+1+j}}{(x^2 + 2\alpha + x\sqrt{x^2 + 2\alpha})^{n+1+j}} \right\}. \quad (n \leq 5) \quad (4)$$

Спочатку для кожної вибірки визначимо критерій згоди χ^2 - Пірсона по всіх 12 гіпотезам (нормальний закон, змішані закони першого типу з $n \leq 6$ і другого типу з $n \leq 5$). Гістограми першої і другої вибірки мають 12 розрядів, а інших вибірок - 20 розрядів, причому довжина кожного розряду рівна половині значення с. к. в. σ. Так як щільності розподілу згаданих законів являються симетричними, то вірогідності P_i достатньо розрахувати для однієї половини розрядів гістограми, наприклад, при 12 розрядах від сьомого до дванадцятого. А вірогідності P_i для іншої половини розрядів дорівнюють значенням симетричних розрядів першої половини, тобто $P_1 = P_{12}$, $P_2 = P_{11}$, ..., $P_6 = P_7$.

В табл. 2 приведені значення P_i для нормального закону.

Таблиця 2.
Вірогідність P_i для нормального закону

Розряди	6,7	5,8	4,9	3,10	2,11	1,12
P_i	0.19146	0.14988	0.09185	0.04406	0.01654	0.00486

Для змішаних законів першого і другого типу значення вірогідності P_i представлені в табл. 3, які потрібно помножити на 10^{-4} .

Таблиця 3.
Вірогідність P_i для змішаних законів

Розр.	10,11	9,12	8,13	7,14	6,15	5,16	4,17	3,18	2,19	1,20
Змішаний закон першого типу $\times 10^{-4}$										
n=1	2750	1340	510	200	90	44	24	14	9	6
n=2	2260	1470	710	310	130	57	27	14	7	4
n=3	2140	1490	780	350	140	60	25	11	5	3
n=4	2080	1490	810	370	150	59	23	9	4	2
n=5	2040	1490	840	380	150	58	21	8	3	1
n=6	2020	1500	850	390	160	57	20	7	2	1
Змішаний закон другого типу $\times 10^{-4}$										
n=1	2410	1440	650	270	120	54	27	15	8	5
n=2	2190	1480	750	330	140	58	26	12	6	3
n=3	2100	1490	800	360	150	59	24	10	4	2
n=4	2060	1490	830	380	150	58	22	9	3	1
n=5	2030	1500	840	390	150	57	21	7	3	1

Таким чином для кожної вибірки були розраховані значення критерію згоди χ^2 – Пірсона із розглянутими законами розподілу вірогідності похибок, і законом розподілу вибирався той, для якого критерій згоди χ^2 – Пірсона має мінімальне значення.

Крім розрахунку критерію згоди χ^2 – Пірсона слід порівняти гістограму з кривою щільності, по якій визначався критерій згоди. Тому для кожної гістограми відображається 12 кривих щільності. Для того, щоб криві щільності були співвідставні слід використати нормовані щільності, дисперсія яких дорівнює одиниці. Очевидно, для нормального закону нормована щільність має вираз: $g(\eta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{\eta^2}{2})$.

Розглянемо вирази для нормованих щільностей змішаних законів розподілу. В загальному випадку нормована щільність $g(\eta)$ зв'язана із стандартною щільністю $f(\xi)$ наступним чином [4]:

$$g(\eta) = \sqrt{\mu_2} f(\sqrt{\mu_2} \eta),$$

де μ_2 - дисперсія розподілу.

Для змішаного закону першого типу дисперсія має такий вираз:

$$\mu_2 = \frac{2\alpha}{2n-1}, \quad (n > 0)$$

тому нормована щільність $g_1(\eta)$ змішаного закону першого типу:

$$g_1(\eta) = \sqrt{\frac{2\alpha}{2n-1}} \frac{2^n \alpha^{n+\frac{1}{2}} n!}{\sqrt{2\pi} 1 \cdot 3 \cdot \dots (2n-1)} \frac{1}{\left(\frac{2\alpha}{2n-1} \eta^2 / 2 + \alpha\right)^{n+1}}, \quad (n \leq 6)$$

або

$$g_1(\eta) = \frac{2^n n!}{\sqrt{2n-1} \pi 1 \cdot 3 \cdot \dots (2n-1)} \frac{1}{\left(\frac{\eta^2}{2n-1} + 1\right)^{n+1}}. \quad (n \leq 6)$$

Аналітичні вирази нормованої щільності змішаного закону розподілу першого типу $g_1(\eta)$ для істотного параметру $n \leq 6$ приведені в табл. 4.

Таблиця 4.

Нормовані щільності змішаного закону розподілу першого типу

$g_k(x)$	Аналітичні вирази
$n=1$	$\frac{0,637}{(x^2 + 1)^2}$
$n=2$	$\frac{0,490}{(x^2 / 3 + 1)^3}$
$n=3$	$\frac{0,456}{(x^2 / 5 + 1)^4}$
$n=4$	$\frac{0,439}{(x^2 / 7 + 1)^5}$
$n=5$	$\frac{0,431}{(x^2 / 9 + 1)^6}$
$n=6$	$\frac{0,425}{(x^2 / 11 + 1)^7}$

Для змішаного закону розподілу другого типу аналітичний вираз дисперсії:

$$\mu_2 = \frac{\alpha}{n}. \quad (n > 0)$$

Нормована щільність $g_2(\eta)$ виглядає таким чином:

$$g_2(\eta) = \sqrt{\frac{\alpha}{n}} \frac{1 \cdot 3 \cdot \dots (2n+1) \alpha^{n+1}}{\sqrt{2} 2^{n+1} n!} \frac{1}{\left(\frac{\alpha}{n} \eta^2 / 2 + \alpha\right)^{n+3/2}}, \quad (n \leq 5)$$

або

$$g_2(\eta) = \frac{1 \cdot 3 \cdot \dots (2n+1)}{\sqrt{2n} 2^{n+1} n!} \frac{1}{\left(\frac{\eta^2}{2n} + 1\right)^{n+3/2}}. \quad (n \leq 5)$$

В табл. 5 приведено аналітичні вирази нормованої щільності змішаного

закону розподілу другого типу $g_2(\eta)$ для істотного параметру $n \leq 5$.

Таблиця 5.

Нормовані щільності змішаного закону розподілу другого типу

$g_p(x)$	Аналітичні вирази
$n=1$	$\frac{0,530}{(x^2/2+1)^{5/2}}$
$n=2$	$\frac{0,469}{(x^2/4+1)^{7/2}}$
$n=3$	$\frac{0,447}{(x^2/6+1)^{9/2}}$
$n=4$	$\frac{0,435}{(x^2/8+1)^{11/2}}$
$n=5$	$\frac{0,428}{(x^2/10+1)^{13/2}}$

В якості прикладу на рис. 1 приведено гістограму першої вибірки, криві щільності, які розраховані по виразах табл. 4 і табл. 5, та відповідні їм критерії згоди χ^2 – Пірсона. З лівої сторони рисунку показані криві щільності змішаного закону розподілу першого типу і відповідні значення критерію згоди, які позначені K1...K6, причому біля них показані кольори відповідних кривих щільності. Аналогічно криві щільності і критерії згоди, які позначені P1...P5, для змішаного закону розподілу другого типу відображені з правої сторони рисунку. Мінімальне значення критерію згоди $G=0,980$ відповідає нормальному закону, і, як видно рис.2, крива щільності нормального закону

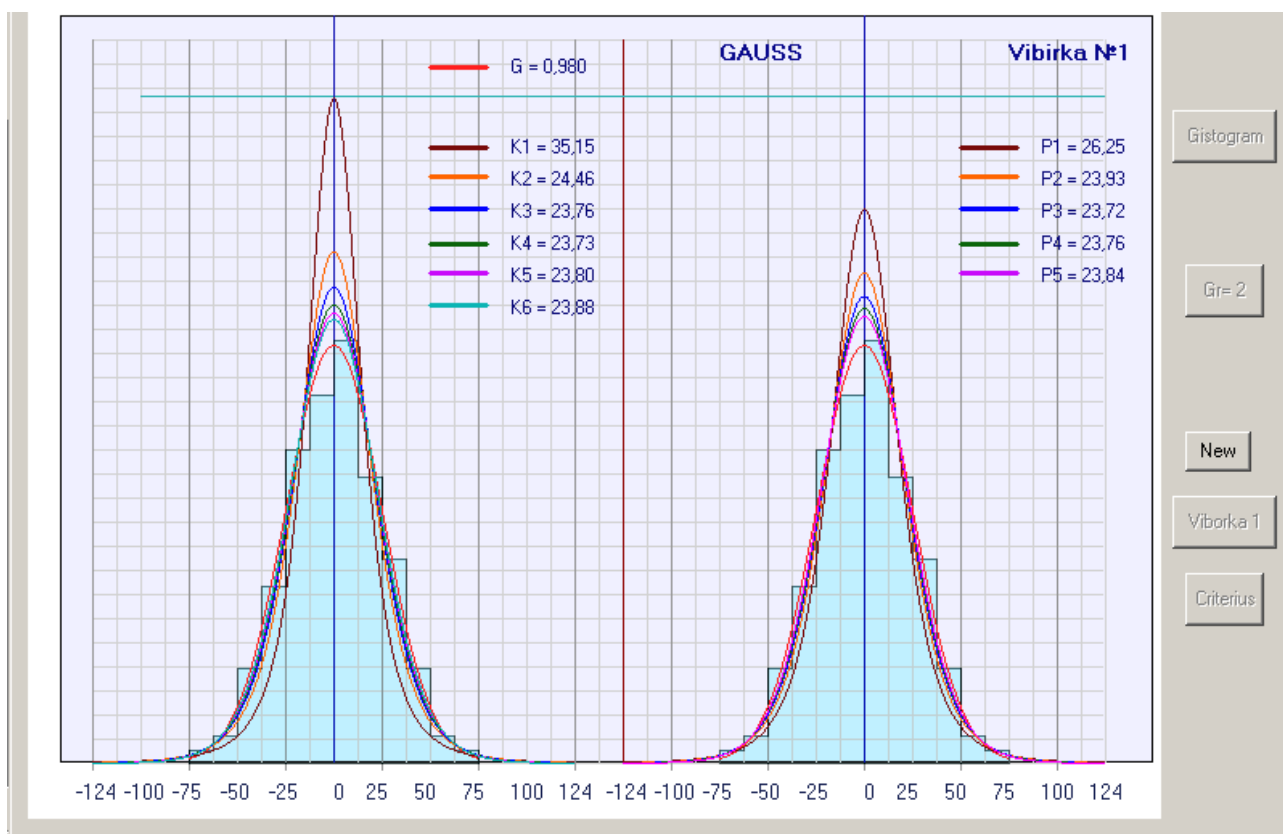


Рис. 1. Криві щільності і критерії згоди першої вибірки
Власна розробка автора

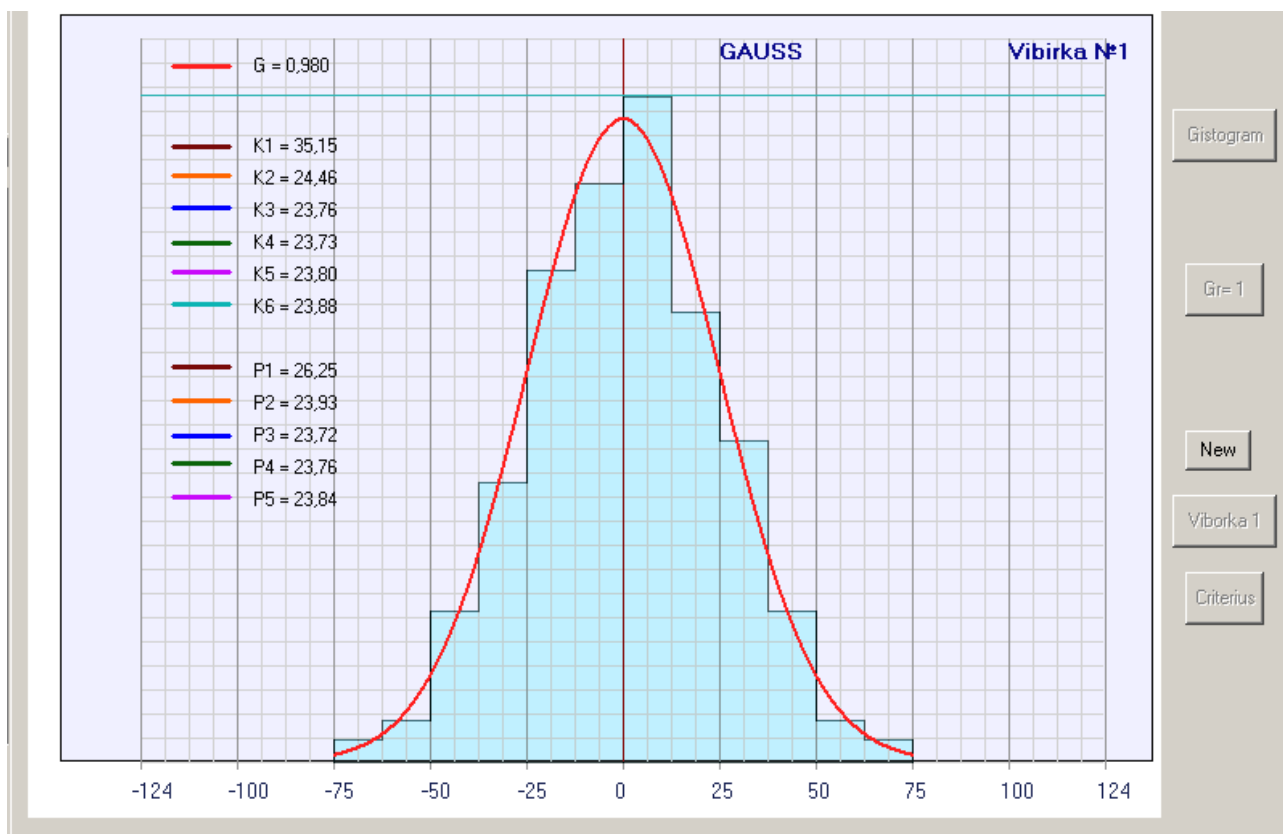


Рис. 2. Крива щільності нормального закону
Власна розробка автора

червоного кольору найкращим чином відповідає гістограмі.

На рис. 3 показано гістограму четвертої вибірки, криві щільності і їх критерії згоди χ^2 – Пірсона. Змішаному закону розподілу другого типу для $n=1$ відповідає мінімальне значення критерію згоди $P1=2,381$, а його крива щільності та гістограма відображені на рис. 4.

Підсумкові результати натурних спостережень приведені в табл. 6.

Таблиця 6.

Підсумкові результати натурних спостережень

№ вибірки	Навігац. параметр	Кільк. членів	Закон розпод.	χ^2	Період спостер.
1	пеленг	150	Гауса	0,980	8 годин
2	дистанція	150	Гауса	0,980	8 годин
3	широта	150	1-го типу $n=4$	2,651	8 годин
4	довгота	150	2-го типу $n=1$	2,381	8 годин
5	пеленг	210	1-го типу $n=2$	2,443	1 доба
6	дистанція	210	2-го типу $n=2$	2,302	1 доба
7	широта	210	Гауса	1,603	1 доба
8	довгота	210	1-го типу $n=1$	2,853	1 доба
9	пеленг	250	2-го типу $n=3$	2,204	2 доби
10	дистанція	250	2-го типу $n=3$	2,204	2 доби
11	широта	250	1-го типу $n=1$	2,571	2 доби
12	довгота	250	2-го типу $n=1$	2,425	2 доби

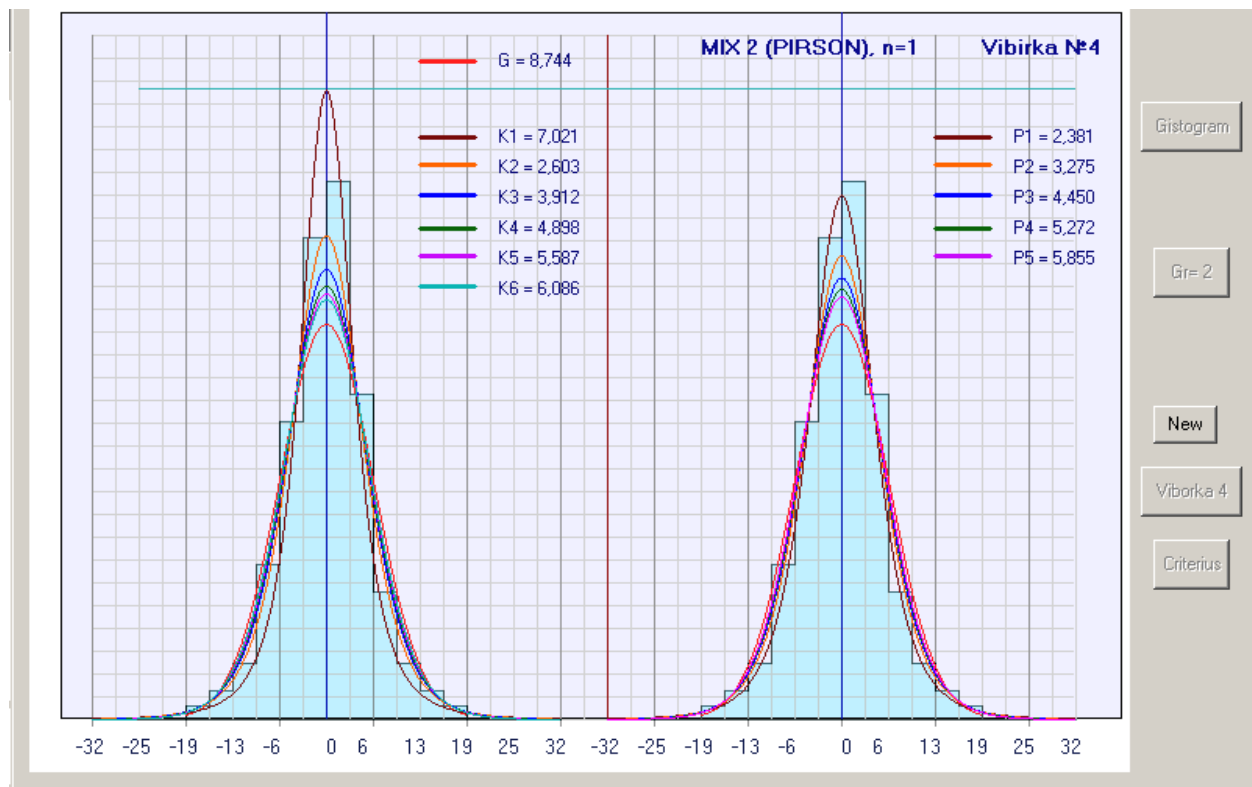


Рис. 3. Криві щільності і критерії згоди четвертої вибірки
Власна розробка автора

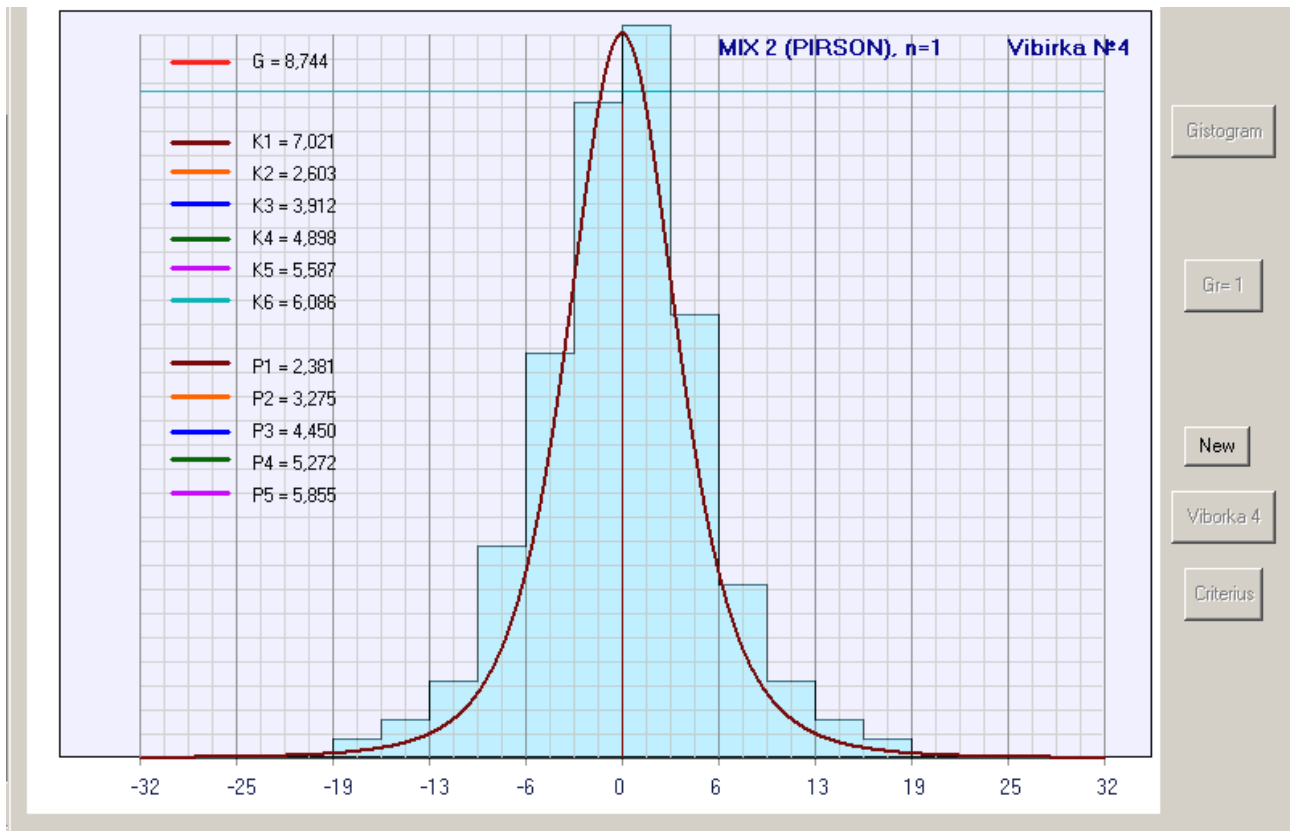


Рис. 4. Крива щільності змішаного закону розподілу другого типу для $n=1$
Власна розробка автора

Аналіз підсумкової табл. 6 показує, що похибки вимірювання навігаційних параметрів (пеленга і дистанції), одержані на обмеженому інтервалі часу (8 годин), як і похибки широти (24 години) підкоряються нормальному закону розподілу вірогідності. Похибки визначення широти і довготи на інтервалі часу 8 годин розподілені за змішаними законами обох типів. Це пояснюється тим, що координати судна розраховуються по навігаційних параметрах (псевдовідстаням) і похибки результатів розрахунку, тобто координат, можуть мати розподіл відмінний від нормального, що і показав аналіз третьої та четвертої вибірок.

Похибки вимірювання пеленга і дистанції, не кажучи про похибки широти і довготи, на більшому інтервалі часу (доба і більше) підлегли змішаним законам розподілу, ступінь відмінності яких від нормального закону пропорційний інтервалу часу формування вибірки похибок навігаційного параметру.

Список літератури

1. Luis Monteiro, "What is the accuracy of DGPS?", *J. Navig.* vol. 58, no. 2, pp. 207-225, 2005.
2. D. A. Hsu, "Long-tailed distributions for position errors in navigation", *Journal of the Royal Statistical Society*. 1979, pp. 62-72.

3. D. A. Hsu, "An analysis of error distribution in navigation", *The Journal of Navigation*, Vol. 32, no. 3. pp. 426 - 429, 2003.
4. Д.В Астайкин., В.Е Сикирин., И.И Ворохобин. и Б.М Алексейчук, *Оценка точности координат судна при избыточных измерениях*, Saarbrücken, Deutschland:: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017.

ПОКРАЩЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗМАЩУВАННЯ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНА 5ТДФ

Клімов Олексій Петрович

Доктор філософії

Начальник кафедри

Бронетанкового озброєння та військової техніки

Військового інституту танкових військ

Національного технічного університету «Харківський Політехнічний Інститут»

Васильєв Михайло Ілліч

Кандидат технічних наук,

Доцент кафедри Бронетанкового

озброєння та військової техніки

Військового інституту танкових військ

Національного технічного університету «Харківський Політехнічний Інститут»

Мартиненко Микола Михайлович

Кандидат технічних наук,

Старший викладач кафедри

Бронетанкового озброєння та військової техніки

Військового інституту танкових військ

Національного технічного університету «Харківський Політехнічний Інститут»

Лучкань Андрій Петрович

Старший викладач кафедри

Бронетанкового озброєння та військової техніки

Військового інституту танкових військ

Національного технічного університету «Харківський Політехнічний Інститут»

Тахтаров Михайло Володимирович

Курсант 3 курсу факультету

озброєння та військової техніки

Військового інституту танкових військ

Національного технічного університету «Харківський Політехнічний Інститут»

Аналізуючи умови роботи ЦПГ двигуна 5ТДФ, бачимо, що основними факторами навантаження є [1]:

- температура: 200–350 °С
- тиск газів: до 8–12 МПа
- швидкість ковзання: до 10–15 м/с.

Тобто двигун 5ТДФ, працює в умовах: високих температур, значних тисків та нестабільного змащування.

Циліндро-поршнева група є найбільш навантаженим вузлом двигуна внутрішнього згоряння. Основною причиною виходу двигуна з ладу є зношування гільз циліндрів і поршневих кілець.

Основними причинами зношування деталей ЦПГ є:

- **Механічне зношування:** постійний контакт між поршнем, кільцями та стінками циліндра призводить до абразивного зношування.

- **Термічне зношування:** високі температури сприяють утворенню мікротріщин та деформацій.

- **Корозійне зношування:** вплив агресивних продуктів згоряння пального.

Основними ознаками несправності кривошипно-шатунного механізму є [2]:

- сторонні стуки та шуми;
- зниження потужності двигуна;
- підвищена витрата оливи;
- перевитрата палива;
- поява диму у відпрацьованих газах тощо.

Стуки та шуми у двигуні виникають унаслідок:

- підвищеного спрацьовування основних деталей;
- збільшення зазорів між спряженими деталями.

Зниження потужності двигуна спричинюється зменшенням компресії (тиску робочої суміші наприкінці такту стискування в циліндрі) внаслідок:

- порушення ущільнення прокладкою головки циліндрів у разі слабого або нерівномірного затягування гайок кріплення або пошкодження прокладки;
- пригоряння кілець у канавках поршня через відкладення смолистих речовин і нагар;
- спрацьовування, поломки або втрати пружності кілець;
- спрацьовування стінок циліндрів.

Підвищена витрата оливи, перевитрата палива та димний випуск відпрацьованих газів сірого кольору (при нормальному рівні оливи в картері) з'являються внаслідок:

- залягання поршневих кілець;
- їхнього спрацьовування.

Як ми бачимо в кожній із ознак несправності кривошипно-шатунного механізму є:

- підвищеного спрацьовування основних деталей;
- збільшення зазорів між спряженими деталями;
- спрацьовування, поломки або втрати пружності кілець;
- спрацьовування стінок циліндрів;
- спрацьовування кілець.

Загалом зношування ЦПГ призводить до зниження компресії, підвищення витрати пального та зменшення загального ресурсу двигуна. За даними досліджень [3], до 60–70 % всіх відмов дизельних двигунів припадає на пару тертя «поршневе кільце – гільза циліндра».

Одним із ефективних способів підвищення зносостійкості ЦПГ є покращення її змащування шляхом гальванічного хромування, що дає низький коефіцієнт тертя та корозійну стійкість [4].

Основними властивостями хрому є: висока твердість, високий опір зношуванню, корозійна стійкість. Твердість хрому досить висока й досягає НВ 700–800. Температура плавлення хрому 1600°C. Хром добре витримує дію високих температур і при нагріванні до 500°C не змінює кольору. Хром дає гарну протидію впливу кислот і сірчистих сполук разом з жаростійкістю й високою зносостійкістю, що є досить важливою властивістю для деталей, що працюють у газовому середовищі. Ці властивості хрому дозволяють здійснювати хромування таких відповідальних деталей, як гільзи циліндрів і поршневих кілець [5].

У підручниках з форсованих двигунів військової техніки зазначено, що жарове кільце вже має хромовольфрамове гальванічне покриття товщиною 0,10–0,16 мм, що знижує знос на 30–40 %. Гільзи азотуються (глибина 0,3–0,5 мм, НВ >750), але додаткове хромування зовнішньої поверхні підвищує опір кавітації [6]. Таким чином, література підтверджує перспективність хромування, але відсутні системні дані саме для 5ТДФ з протилежно-рухомими поршнями [7].

Технологія хромування полягає в наступному:

- Гальванічне осадження в електроліті $\text{CrO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ з добавками W або Mo (режим: температура 50–55 °C, щільність струму 30–50 А/дм²).
- Товщина шару: 0,12–0,15 мм на робочих поверхнях.
- Після хромування — хонінгування та припрацювальне покриття ($\text{Cu} + \text{MoS}_2 + \text{SiO}_2$) [8].

Звернути увагу, що у конструкції 5ТДФ хромування вже застосовується для поршневих кілець (верхніх компресійних).

Для виготовлення гільз циліндрів двигуна 5 ТДФ використовують сталь 38ХМЮА, леговану алюмінієм, що добре азотується, азотують внутрішню поверхню гільзи (дзеркало) з забезпеченням глибини азотованого шару 0,30–0,50 мм. При цьому твердість цього шару по Вікерсу повинна складати не менш 750 одиниць, тобто азотована сталь сама по собі є надзвичайно зносостійкою [6].

Порівняльні характеристики:

Покриття / Матеріал	Твердість (HV)	Крихкість	Утримання мастила
Азотована 38ХМЮА	950–1100	Висока	Низьке (дзеркало)
Пористий хром	850–1000	Середня	Високе (через пори)

Азотований шар: Дуже твердий (HV 900–1100), але тонкий (0,3–0,5 мм). При роботі в пустелі або в умовах сильного абразиву він може викришуватися (крихкість).

Хромування (пористе): Має таку ж твердість, але краще утримує мастило завдяки порам. Сталь 38ХМЮА добре піддається гальванічному хромуванню після відповідної підготовки поверхні.

Для кількісної оцінки ефективності хромування використано класичну залежність трибології — закон Арчарда [9]. Об'єм зношеного матеріалу V пропорційний нормальному навантаженню F (або W, L) та шляху ковзання S (або L), і обернено пропорційний твердості матеріалу H :

$$V = k \cdot (F \cdot S) / H$$

де: V — об'єм зносу, мм^3 (або м^3);

- F (або W) — нормальне навантаження (сила), Н ;
- S (або L) — шлях тертя (ковзання), м ;
- H — твердість матеріалу (зазвичай мікротвердість за Віккерсом, HV або у МПа);

- k — безрозмірний коефіцієнт зносу (wear coefficient), який залежить від умов тертя, мащення, матеріалів, режиму (адгезійний, абразивний тощо). Для м'якого зносу $k \approx 10^{-6} \dots 10^{-8}$, для важкого — $10^{-3} \dots 10^{-4}$.

Для лінійного зносу (глибина зносу h на площі контакту A):

$$h = V/A = k \cdot (p \cdot S) / H$$

де $p = F/A$ — питомий тиск (контактний тиск).

Вихідні дані (на основі типових умов):

- Деталь: поршневе кільце — гільза циліндра (зона ВМТ — найінтенсивніший знос).

- Середнє нормальне навантаження на кільце $F = 150 \text{ Н}$ (приблизно, з урахуванням тиску газів і пружності кільця).

- Площа контакту кільця з гільзою $A \approx 120 \text{ мм}^2$ (довжина контакту $\approx 1 \text{ мм}$ по висоті кільця $\times$ окружність).

- Контактний тиск $p = F/A \approx 1,25 \text{ МПа}$ (реально в зоні ВМТ може бути вищим, але беремо середнє).

- Шлях ковзання за 1 мотогодину: середня швидкість поршня $\approx 14 \text{ м/с}$. За 1 годину (3600 с) один поршень робить багато циклів. Для спрощення візьмемо $S = 50\,000 \text{ м}$ за 1 мотогодину (приблизне значення для двотактного двигуна з протилежно-рухомими поршнями; точніше розраховується як $2 \times \text{хід поршня} \times \text{число обертів}$).

- Твердість штатної азотованої гільзи $H_1 = 650 \text{ HV} \approx 6370 \text{ МПа}$.

- Твердість хромованого шару $H_2 = 920 \text{ HV} \approx 9024 \text{ МПа}$.

- Коефіцієнт зносу k (експериментально): для штатної пари $\approx 5 \times 10^{-6}$ (типове для граничного мащення в ЦПГ); після хромування k зменшується завдяки кращому утриманню мастила — приймаємо $k_2 = 2,2 \times 10^{-6}$ (зменшення в $\sim 2,3$ рази).

Отже, зменшення коефіцієнта зносу k завдяки кращому утриманню мастильної плівки призводить до зменшення об'єму зносу в $2,3\text{--}3,3$ рази. Приклад розрахунку для умов двигуна ($F = 150 \text{ Н}$, $S = 50\,000 \text{ м/год}$, $A = 120 \text{ мм}^2$)

показує зменшення глибинного зносу гільзи з 0,028 мм до 0,012 мм за 250 мотогодин. Це забезпечує приріст ресурсу ЦПГ на 56 % (з 500 до 780 мотогодин).

Отже можемо зробити висновки, що:

Азотований шар сталі 38ХМЮА (нітриди заліза та алюмінію) має твердість HV 900–1100, що співмірно з твердим хромом HV 800–1000;

Азотований шар зберігає твердість до 500 С⁰, тоді як хром починає втрачати твердість вже при 400 С⁰. Але, у 5ТДФ критичним є не просто твердість, а змащуваність. Мастилоємність (Ключовий фактор для 5ТДФ) це головний аргумент на користь хромування.

Азотована сталь: Поверхня після фінішного шліфування надзвичайно щільна. В умовах двотактного циклу 5ТДФ, де мастило згорає швидше, виникає дефіцит мастильного шару.

Пористе хромування: Завдяки гальванічному процесу (анодне травлення після осадження) на поверхні створюється сітка мікроканалів.

Дослідження триботехнічних властивостей (напр., праці Д.М. Гаркунова [9]) доводять, що пористий хром утримує у 3–5 разів більше мастила на одиницю площі, ніж азотована поверхня.

Якщо ми порівнюємо азотовану сталь і хром — інтенсивність зносу в усталеному режимі буде приблизно однаковою (1:1.1).

АЛЕ! Ресурс двигуна закінчується не через поступовий знос, а через задири та викришування. Хром менш схильний до крихкого викришування, ніж переазотований шар, за ідентичних показників мікротвердості (HV 950–1050), пористе хромове покриття знижує імовірність схоплювання (задирів) на **30–40%** порівняно з азотованим шаром сталі 38ХМЮА завдяки акумулюванню мастила в мікропорах.

Література

1. Двигатель 5ТДФ. (1977) Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Харьков: Завод им. В. А. Малышева, 245 с.
2. О.КОВТУН ДВИГУН ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ (2021) Навчальний посібник. Олександрійський професійний аграрний ліцей. 52с
3. А.Д. Чаромский, Н.К.Рязанцев. 1985 Танковые дизели семейства 5ТД. Харків: [ХКБД],. 312 с.
4. І.В. Березіна «Підвищення зносостійкості деталей ЦПГ методами гальванічних покриттів» опублікована у науковому журналі «Металофізика та новітні технології» (2022, Т. 44, № 1),
5. М.Г. Левкович, П.В. Босюк, М.Д. Радик «Відновлення деталей» (2014) Тернопіль. 118 с
6. А.П. МАРЧЕНКО М.К. РЯЗАНЦЕВ А.Ф. ШЕХОВЦОВ (2018) «Двигуни внутрішнього згорання» (серія в 6 томах). ХАІ, 2018. С. 22–55, 146–191.
7. О. С. МИТРОФАНОВ, А. Ю. ПРОСКУРІН ОСНОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ, ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ Навчальний посібник Миколаїв 151с.

8. Хромування в машинобудуванні. [Електронний ресурс] // URL: <http://pulib.if.ua/referat/view/45788>.

9. М.М. Бриков (2021) Конспект лекцій з дисципліни «Термічні методи підвищення строку служби вузлів тертя» Запоріжжя: НУ [Запоріжська політехніка], 74с

The authors of the XVII International Scientific and Practical Conference «Technology as an extension of man: the limits of the possible and new paradigms» were representatives of the following educational institutions:

Dnipro State Agrarian and Economic University; Central Ukrainian National Technical University; Danylo Halytsky Lviv National Medical University; Zhurgenov Kazakh National Academy of Arts; National University “Kyiv Aviation Institute”; National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”; Lviv Polytechnic National University; Kyiv National Economic University; Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University; SDU University; National Defence University of Ukraine; Dniprovsky State Technical University; Florida Institute of Technology; National University of Civil Defense of Ukraine; S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University; National University of Food Technologies; Taras Shevchenko National University of Kyiv; National Academy of Internal Affairs; Oles Honchar Dnipro National University; Yaroslav Mudryi National Law University; Interregional Academy of Personnel Management; Zhytomyr Polissia National University; Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics; Lviv Polytechnic National University; Astana Medical University; Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University; Semey Medical University; S. D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University; Shokan Ualikhanov Kokshetau University; West Kazakhstan Marat Ospanov Medical University; National Pirogov Memorial Medical University; Donetsk National Medical University; Kharkiv National Medical University; University of Florence; Borys Grinchenko Kyiv Metropolitan University; Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University; Odesa I. I. Mechnikov National University; Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture; H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University; West Ukrainian National University; National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute” and others.

TECHNOLOGY AS AN EXTENSION OF MAN: THE LIMITS OF THE POSSIBLE AND NEW PARADIGMS

Scientific publications

Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference
«Technology as an extension of man: the limits of the possible and new paradigms»,
Paris, France. 233 p.
(April 28 – May 1, 2026)

UDC 01.1

ISBN – 979-8-90214-546-2

DOI – 10.46299/ISG.2026.1.17

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: Sakhno V., Puhach A., Sereda V., Sereda V. Energy-saving technologies in agroengineering during martial law. Proceedings of the XVII International Scientific and Practical Conference. Paris, France. 2026. Pp. 9-13 URL: <https://isg-konf.com/technology-as-an-extension-of-man-the-limits-of-the-possible-and-new-paradigms/>