

ENVIRONMENT & HEALTH

ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я

№ 2 (119) • 2026

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Надія ПОЛЬКА (Україна)
(головний редактор)

Олена ТУРОС (Україна)
Михайло БУЗИННИЙ (Україна)
Олена СУРМАСHEВА (Україна)
Ігор СЕРГЕТА (Україна)
Наталія МЕДВЕДОВСЬКА (Україна)
Томаш БОХЕНЕК (Польща)
Інга ПРОКОПЕНКО (Великобританія)
Майкл НАВАКАТІКЯН (Австралія)

EDITORIAL BOARD

Nadiia POLKA (Ukraine)
(Editor-in-Chief)

Olena TUROS (Ukraine)
Mykhailo BUZYNNYI (Ukraine)
Olena SURMASHEVA (Ukraine)
Ihor SERHETA (Ukraine)
Nataliia MEDVEDOVSKA (Ukraine)
Tomasz BOCHENEK (Poland)
Inga PROKOPENKO (Great Britain)
Michael NAVAKATIKYAN (Australia)

РЕДАКЦІЙНА РАДА

Ігор ШКРОБАНЕЦЬ (Україна)
(голова редакційної ради)

Ігор ЧЕРНІЧЕНКО (Україна)
Марія СОБОЛЬ (Швеція)
Дмитро КОРНЄЄВ (США)
Сергій ГАРКАВИЙ (Україна)
Світлана ГОЗАК (Україна)
Михайло АНТОМОНОВ (Україна)
Василь БАРДОВ (Україна)
В'ячеслав ПРОКОПОВ (Україна)
Ігор ГУЩУК (Україна)
Борис ПАЛАМАР (Україна)
Ірина КАЛИНИЧЕНКО (Україна)

EDITORIAL COUNCIL

Ihor SHKROBANETS (Ukraine)
(Editorial Council Chair)

Ihor CHERNYCHENKO (Ukraine)
Maria SOBOL (Sweden)
Dmytro KORNEEV (USA)
Serhii HARKAVYI (Ukraine)
Svitlana HOZAK (Ukraine)
Mykhailo ANATOMONOV (Ukraine)
Vasyl BARDOV (Ukraine)
Viacheslav PROKOPOV (Ukraine)
Ihor HUSHCHUK (Ukraine)
Borys PALAMAR (Ukraine)
Iryna KALYNYCHENKO (Ukraine)

ENVIRONMENT & HEALTH

ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я

ЗАСНОВНИК

Державна установа «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва Національної академії медичних наук України»

Адреса редакції:

вул. Полуботка Павла Гетьмана, 50,
м. Київ, 02094, Україна
e-mail: environ.and.health@health.gov.ua
<https://dovkil-zdorov.kiev.ua/>

Журнал включено до **категорії Б**

Переліку наукових фахових видань України.

Науковий профіль видання:

біологія, біотехнології, медицина та реабілітація.

Галузі знань і спеціальності,

за якими видання публікує наукові праці:

- E1** — Біологія та біохімія
- I2** — Медицина
- I3** — Педіатрія
- I4** — Медична психологія
- I6** — Технології медичної діагностики та лікування (за спеціалізаціями)
- I7** — Терапія та реабілітація (за спеціалізаціями)
- I9** — Громадське здоров'я

Рекомендовано до друку Вченою радою ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України» (протокол № 6 від 01.07.2026)

Зареєстровано Національною радою України з питань телебачення і радіомовлення.

Рішення №1534 від 09.05.2024 року.

Ідентифікатор медіа: R30-04497

Рік заснування: 1996.

Мови видання: українська, англійська.

Періодичність: чотири рази на рік.

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР:

Надія ПОЛЬКА

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ РЕДАКТОР:

Анна БЕЗВЕРХА

НАУКОВІ РЕДАКТОРИ:

Станіслав ГАЛАК

Тетяна СТАНКЕВИЧ

ЛІТЕРАТУРНИЙ РЕДАКТОР:

Геннадій МАРКЕВИЧ

ХУДОЖНЬО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ

ТА ОРИГІНАЛ-МАКЕТ:

Олександр ШАЙНИКОВ

FOUNDER

State Institution «Marzieiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Science of Ukraine»

Editorial Office Address:

50 Hetman Pavlo Polubotka St.,
Kyiv, 02094, Ukraine
e-mail: environ.and.health@health.gov.ua
<https://dovkil-zdorov.kiev.ua/>

The journal is included in **Category B** of the List of Scientific Professional Publications of Ukraine.

Scientific Profile of the Journal:

Biology, Biotechnology, Medicine, and Rehabilitation.

Fields of Knowledge and Specialties

Covered by the Journal:

- E1** — Biology and Biochemistry
- I2** — Medicine
- I3** — Pediatrics
- I4** — Medical Psychology
- I6** — Medical Diagnostic and Treatment Technologies (by specialization)
- I7** — Therapy and Rehabilitation (by specialization)
- I9** — Public Health

Approved for publication by the Academic Council of the State Institution «Marzieiev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» (protocol No. 6, July 1, 2026)

Registered by the National Council of Ukraine on Television and Radio Broadcasting.

Decision No. 1534 dated May 9, 2024.

Media identifier: R30-04497.

Year of establishment: 1996.

Languages: Ukrainian, English.

Frequency: four times a year.

EDITOR-IN-CHIEF:

Nadiia POLKA

MANAGING EDITOR:

Anna BEZVERKHA

SCIENTIFIC EDITORS:

Stanislav HALAK

Tetiana STANKEVYCH

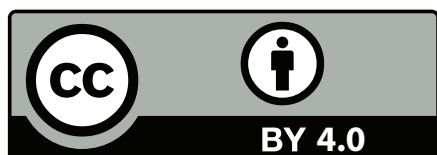
LANGUAGE EDITOR:

Henryk MARKIEWICZ

DESIGN AND TECHNICAL EDITING,

ORIGINAL LAYOUTS:

Oleksandr SHAINIKOV



Ця ліцензія надає користувачам право поширювати, реміксувати, адаптувати та створювати похідні матеріали у будь-якому форматі чи на будь-якому носії за умови належного зазначення авторства. Ліцензія дозволяє комерційне використання.

This license enables reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, so long as attribution is given to the creator. The license allows for commercial use.

ОРИГІНАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

ORIGINAL RESEARCH

Платонова А.Г., Яцковська Н.Я., Шкарбан К.С.

Особливості поширеності тютюнопаління серед підлітків 15–17 років міста Києва під час російської воєнної агресії

Гозак С.В., Єлізарова О.Т., Станкевич Т.В., Калиниченко І.О., Парац А.М.

Трансформація поведінкових детермінант здоров'я дітей шкільного віку в умовах воєнного стану

Сурмашева О.В., Глушкевич Т.Г., Сбоєва А.М., Росада М.О., Молчанець О.В., Полька О.О.

Мікробіологічний спектр збудників інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги, та виділених в Україні у 2023–2024 роках

Бабієнко В.В., Рожнова А.М.

Валідація методу LC-MS/MS для визначення 25-гідроксिवітаміну D у сироватці крові дітей за стандартами VDSP

Семашко П.В., Думанський В.Ю., Галак С.С., Безверха А.П., Гоц О.В., Сердюк Є.А.

Вплив вітрової електростанції (ВЕС) з вітротурбінами WTU 5,2-140 на акустичний стан найближчих населених пунктів

4 Platonova A.G., Yatskovska N.Ya., Shkarban K.S.

Characteristics of the prevalence of smoking among adolescents aged 15–17 in the city of Kyiv during the russian military aggression

12 Hozak S.V., Yelizarova O.T., Stankevych T.V., Kalinichenko I.O., Parats A.M.

Transformation of behavioral determinants of school-age children's health under martial law

20 Surmasheva O.V., Hlushkevych T.G., Sboieva A.M., Rosada M.O., Molchanets O.V., Polka O.O.

Microbiological spectrum of causative agents of the infections related to grant of medicare, distinguished in Ukraine in 2023–2024

25 Babiienko V.V., Rozhnova A.M.

Validation of the LC-MS/MS method for 25-hydroxyvitamin D determination in children's serum according to VDSP standards

32 Semashko P.V., Dumanskyi V.Yu., Halak S.S., Bezverkha A.P., Hots O.V., Serdiuk Ye.A.

Impact of a wind power plant (WPP) with WTU 5.2-140 wind turbines on the acoustic environment of the nearest residential areas

ОГЛЯДОВІ ТА АНАЛІТИЧНІ СТАТТІ

REVIEWS AND ANALYTICAL ARTICLES

Повч З.В., Осауленко С.В., Медведовська Н.В.

Доступність спеціалізованої офтальмологічної допомоги як проблема для вимушено переміщених осіб та біженців

Білоус О.С., Білоус С.В., Гринзовський А.М., Омельчук С.Т.

Ризик-орієнтований підхід до постреєстраційного моніторингу залишкових кількостей пестицидів у сільськогосподарській сировині ягідних та баштанних культур

Гаркава К.Г., Яловенко О.І., Рудницька О.П.

Ферменти молочнокислих бактерій: характеристика, класифікація та біотехнологічне значення

Григоренко А.С.

Споживання нікотиновмісних продуктів серед дітей та молоді: аналіз поширеності, детермінант та регуляторних прогалин

Віцюк А.А.

Формування культури здоров'я засобами англійської мови за професійним спрямуванням: освітні стратегії для майбутніх медичних працівників

43 Povch Z.V., Osaulenko S.V., Medvedovska N.V.

Accessibility of specialized ophthalmological care as a problem for internally displaced persons and refugees

50 Bilous O.S., Bilous S.V., Hrynzovskyi A.M., Omelchuk S.T.

Risk-based approach to post-registration monitoring of pesticide residues in berry and melon crops

55 Garkava K.G., Yalovenko O.I., Rudnytska O.P.

Lactic acid bacteria enzymes: characteristics, classification and biotechnological significance

62 Grygorenko A.S.

Consumption of nicotine-containing products among children and youth: analysis of prevalence, determinants and regulatory gaps

70 Vitsiuk A.A.

Promoting health culture through english for medical purposes: educational strategies for future healthcare professionals

ОСОБЛИВОСТІ ПОШИРЕНOSTІ ТЮТЮНОПАЛІННЯ СЕРЕД ПІДЛІТКІВ 15–17 РОКІВ МІСТА КИЄВА ПІД ЧАС РОСІЙСЬКОЇ ВОЄННОЇ АГРЕСІЇ

Платонова А.Г.
Яцковська Н.Я.
Шкарбан К.С.

Державна установа
«Інститут громадського
здоров'я ім. О.М. Марзєєва
Національної академії
медичних наук України»,
м. Київ, Україна

- Повномасштабна російська воєнна агресія проти України призвела до виникнення різноманітних соціальних проблем, серед яких особливе занепокоєння викликає тенденція до зростання розповсюдженості серед молодого покоління такої шкідливої звички, як тютюнопаління.
- МЕТА.** Дослідити особливості поширеності тютюнопаління серед підлітків 15–17 років міста Києва під час російської воєнної агресії.
- МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** У роботі застосовувались аналітичні, соціологічні і математичні методи. Об'єктом дослідження були учні 15–17 років загальноосвітніх навчальних закладів міста Києва. Опитування проведено впродовж 2024–2025 років. Загальна кількість опитаних — 533 особи. Була використана авторська анкета.
- РЕЗУЛЬТАТИ.** Встановлено, що загальний рівень поширеності тютюнопаління становить 29,3%. В залежності від віку і статі від 8,2% до 23,1% респондентів відмічають, що на їх рішення почати палити вплинула російська воєнна агресія проти України. Майже 18,9% опитаних регулярно палять з 12–13 років. На фоні зниження рівнів поширеності паління сигарет промислового виробництва спостерігається зростання кількості підлітків, які використовують альтернативні продукти для паління, що в середньому у 5,7 разів перевищує частку щоденних курців традиційних сигарет. Третина підлітків зазнає вплив пасивного паління вдома. При цьому кількість дівчат, які страждають від пасивного паління, вища, ніж хлопців. В середньому 95,3% підлітків поінформовані щодо шкідливості паління для здоров'я. Тим не менш, тільки 75,9% респондентів планують кинути палити.
- ВИСНОВКИ.** Російська воєнна агресія проти України вплинула на зміни в поведінці дітей щодо тютюнопаління. Високий рівень поширеності тютюнопаління серед підлітків міста Києва є несприятливою прогностичною ознакою з точки зору формування та збереження здоров'я даного контингенту. Встановлені такі негативні тенденції у поширенні тютюнопаління серед підлітків, як ранній вік початку регулярного паління, високі рівні поширеності паління альтернативних видів тютюну, вплив пасивного паління.
- КЛЮЧОВІ СЛОВА:** поширеність тютюнопаління, альтернативні продукти для паління, підлітки, російська воєнна агресія.

CHARACTERISTICS OF THE PREVALENCE OF SMOKING AMONG ADOLESCENTS AGED 15–17 IN THE CITY OF KYIV DURING THE RUSSIAN MILITARY AGGRESSION

Platonova A.G.
Yatskovska N.Ya.
Shkarban K.S.

State Institution
«Marzieiev Institute
for Public Health
of the National Academy
of Medical Sciences
of Ukraine»,
Kyiv, Ukraine

- Russia's full-scale military aggression against Ukraine has led to a range of social problems, among which the rising prevalence of smoking — a harmful habit — amongst the younger generation is a cause for particular concern.
- AIM.** To investigate the characteristics of smoking prevalence among 15–17-year-old adolescents in Kyiv during the Russian military aggression.
- MATERIALS AND METHODS.** Analytical, sociological, and mathematical methods were applied. The study population consisted of pupils aged 15–17 from general secondary schools in Kyiv. The survey was conducted during 2024–2025. The total number of respondents was 533. An original purpose-designed questionnaire was used.
- OVERVIEW.** The overall prevalence of tobacco smoking was found to be 29.3%. Depending on age and sex, between 8.2% and 23.1% of respondents indicated that the war of aggression against Ukraine had influenced their decision to start smoking. Nearly 18.9% of those surveyed have smoked regularly since the age of 12–13. Against a background of declining prevalence of manufactured cigarette smoking, a rise is observed in the number of adolescents using alternative smoking products, which on average is 5.7 times higher than the share of daily traditional cigarette smokers. One third of adolescents are exposed to passive smoking at home, with the proportion of girls affected being higher than that of boys. On average, 95.3% of adolescents are aware of the health harms of smoking; however, only 75.9% of respondents intend to quit.
- CONCLUSIONS.** Russia's military aggression against Ukraine has led to changes in children's smoking behaviour. The high prevalence of smoking among adolescents in Kyiv is an unfavourable prognostic

indicator in terms of the development and maintenance of this population's health. The following negative trends in the prevalence of smoking among adolescents have been identified: an early age at which regular smoking begins, high prevalence rates of alternative tobacco products, and the impact of second-hand smoke.

■ **KEYWORDS:** *prevalence of smoking, alternative smoking products, adolescents, Russian military aggression.*

У багатьох країнах світу явище тютюнопаління (ТП), а також поширеність хвороб і смертей, спричинених вживанням тютюну та нових видів тютюнових та нікотиновмісних виробів, вважається значною медичною, соціальною та економічною проблемою. Найбільше від глобальної епідемії тютюну потерпають країни з низьким та середнім рівнем доходу населення. Відомо, що 84,0% сучасних курців мешкають у країнах, що розвиваються, а саме у країнах Східної Європи, Азії, Латинської Америки, Північної Африки й у деяких острівних країнах Океанії [1]. За даними ВООЗ на початок 2024 року, у світі налічувалося близько 1,25 мільярда дорослих курців, що становить приблизно 20,9% населення планети [2]. Паління вважається провідним поведінковим фактором ризику смертності, спричиняючи понад 7 мільйонів смертей щороку [3]. Паління викликає серйозні проблеми для здоров'я активних і пасивних курців, а також створює небезпеку для довкілля через вплив викинутих токсичних речовин [4].

Проблема ТП вкрай актуальна і для України. За оцінками фахівців, в Україні на кінець 2025 року налічувалося близько 15,5 млн активних курців, що складає третину працездатного населення. У порівнянні з позитивною динамікою попередніх раундів досліджень, останнє опитування, проведене фахівцями КМІС серед молоді і дорослого населення, зафіксувало відновлення негативної тенденції до зростання щоденного споживання тютюну та нікотину. Найбільш значуще зростання споживання тютюнових та нікотинових виробів зафіксоване серед молоді [5].

Повномасштабна російська воєнна агресія проти України суттєво змінила умови життя населення країни в цілому, і зокрема дитячого. Бойові дії та воєнний стан призвели до масового переміщення сімей, перерв у навчанні, психологічного стресу через небезпеку, невизначеність, тощо. Ці фактори негативно впливають на психоемоційний стан в т.ч. і дітей та підлітків, що може призводити до емоційного дистресу та негативних наслідків. З одного боку, підвищений стрес і травматичний досвід здатні спонукати підлітків шукати нездорові способи подолання напруги — наприклад, па-

ління чи вживання алкоголю [6]. З іншого — посилений контроль з боку батьків у складних умовах та фізичні обмеження воєнного часу (комендантська година, утруднений доступ до товарів) могли стримувати поширення деяких шкідливих звичок [7].

Зважаючи на те, що серед підлітків ТП залишається серйозною проблемою в багатьох регіонах світу, а російська воєнна агресія проти України могла сприяти збільшенню кількості підлітків, що палять, викликає певний інтерес вивчення розповсюдженості паління серед дитячого населення після початку повномасштабних воєнних дій. Крім того, розробка ефективних заходів щодо боротьби з даною шкідливою звичкою, як на загальнодержавному, так і на регіональному рівнях, має базуватися на чіткій уяві про поширеність ТП серед підлітків, вплив повномасштабної агресії на їх рішення почати палити, ставлення підлітків до припинення паління, тощо.

Мета: дослідити особливості поширеності тютюнопаління серед підлітків 15–17 років міста Києва під час російської воєнної агресії.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дослідження базувалося на опитуванні, проведеному впродовж 2024–2025 років, учнів 15–17 років з 3-х загальноосвітніх навчальних закладів міста Києва, розташованих в Дарницькому, Голосіївському та Солом'янському районах. Загальна кількість опитуваних становила 533 особи (243 хлопця та 290 дівчат).

Авторами була розроблена анкета, яка дозволила отримати інформацію за наступними ключовими напрямками: поширеність ТП під час повномасштабної воєнної агресії з урахуванням гендерних особливостей; виявити пріоритетні форми тютюну і нікотиновмісних виробів, які використовують підлітки; дізнатися чи є вони пасивними курцями; встановити доступність до тютюнових виробів; дізнатися про вплив воєнної агресії на рішення почати палити та їх ставлення до припинення паління. Дослідження виконано з дотриманням міжнародних та національних етичних норм, включаючи принципи Гельсінської декларації і схвалено Комітетом з медичної етики ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва

НАМН України» (експертний висновок № 1 від 09.03.2026).

Отримані первинні дані були систематизовані в електронну базу даних. Статистична обробка результатів, одержаних в ході виконання науково-дослідної роботи, здійснювалась з використанням стандартних пакетів прикладних програм багатовимірною статистичного аналізу Statistica 6.0 (StatSoft, USA).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами опитування встановлено, що значна кількість учнів підліткового віку будь-коли у житті мали спробу вживання тютюну або інших нікотиновмісних продуктів.

Середня кількість хлопців 15–17 років, які робили спробу палити достовірно вищі порівняно з відповідним показником в групі дівчат (хлопці — 47,1%, дівчата — 38,9%, ($p \leq 0,05$). Відсоток підлітків, які пробували палити, поступово зростає у відповідності зі збільшенням віку. Якщо серед 15-річних дітей робили спробу палити 44,6% хлопців та 37,7% дівчат, то даний показник серед 17-річних дітей сягає 50,8% і 40,5% відповідно (рис. 1).

Привертає увагу ранній вік першого досвіду паління не тільки серед хлопців, а також і серед дівчат. Так, вже у віці 12–13 років робили спробу палити 27,1% хлопців та 18,1% дівчат, що є дуже несприятливою прогностичною ознакою сьогодення. Переважна більшість опитаних (хлопці — 70,4%, дівчата — 80,6%, ($p \leq 0,05$) робили спробу палити в 14 років і більш старшому віці. Порівнюючи отримані нинішні результати з даними досліджень, проведених фахівцями нашої установи в більш ранні періоди та даними опитувань інших

дослідників, слід зазначити збільшення віку першої спроби паління. Так, за результатами Глобального опитування молоді щодо тютюну (Global Youth Tobacco Survey), проведеного в 2004 році, у віці до 11 років пробували палити 59,2% дітей [8]. Опитування, проведене в 2015 році показало, що 59,2% підлітків вперше спробували палити у віці 11 років та раніше [9]. Тенденцію до збільшення віку першої спроби паління відмічають і закордонні науковці [10, 11]. На нашу думку, більш пізній вік початку паління в досліджуваній нами когорті підлітків слід пов'язувати з тим, що впродовж 2020–2023 років відбувалась трансформація соціальної комунікації (роз'єднаність в дитячих колективах що пов'язана з дистанційним навчанням, посилення контролю зі сторони батьків, обмеження доступу до торговельної мережі, тощо), викликана карантинними заходами при пандемії COVID-19 та початком повномасштабної російської воєнної агресії. Рівень поширеності паління серед 15-річних підлітків становить 30,4% серед хлопців і 24,6% серед дівчат; серед 16-річних підлітків — 30,5% (хлопці) і 26,3% (дівчата); та серед 17-річних — відповідно 35,2% і 29,1% (рис. 2).

Середній рівень поширеності вживання тютюну і нікотиновмісних виробів в будь якій формі серед київських підлітків 15–17 років дорівнює ($29,3 \pm 2,0$)%. Тобто, кожен третій респондент на сьогодні є постійним курцем. Встановлено, що за 1 рік життя (з 16 по 17 років) кількість курців зросла на 3,7% (з 28,4% до 32,1%). Спостерігається статистично вірогідна відмінність між групами хлопців і дівчат у споживанні тютюну і нікотиновмісних виробів. Для порівняння, за даними міжнародного звіту

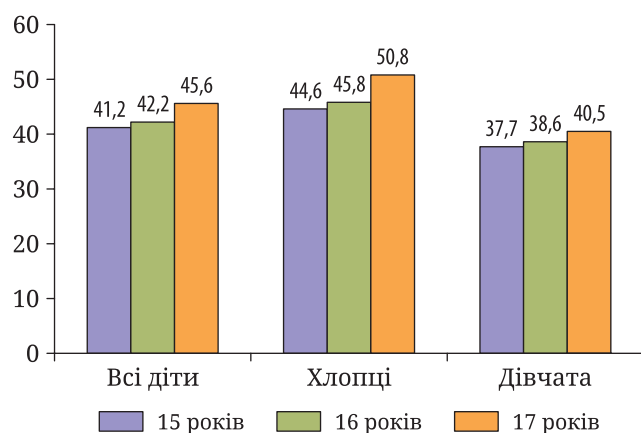


Рис. 1. Питома вага підлітків 15–17 років м. Києва, які коли-небудь робили спробу палити (%)

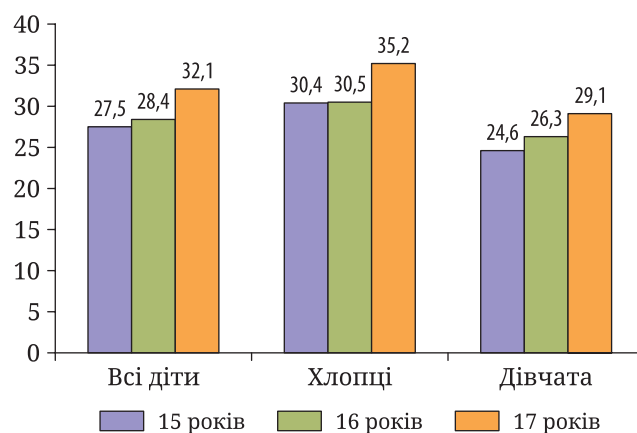


Рис. 2. Питома вага підлітків 15–17 років м. Києва, які палять (%)

8-го раунду Європейського опитування учнів щодо вживання алкоголю та інших наркотичних речовин (ESPAD), рівні поширеності паління в цілому по Україні у 2024 році серед 16–17-річних хлопців становили 23%, а серед дівчат — 13% [12]. Таку відмінність між отриманими нами даними і загальноукраїнськими, на нашу думку, слід пояснити тим, що мешканці міст зазвичай частіше є курцями. Подібна тенденція спостерігалась і за результатами опитування підлітків в інших містах України [13, 14].

Частина респондентів вказала, що воєнна агресія проти України вплинула на їх рішення почати палити. В залежності від віку і статі від 8,2% до 23,1% респондентів відмічають, що на їх рішення почати палити вплинула російська воєнна агресія проти України. Найбільша кількість таких дітей спостерігається серед 17-річних хлопців (18,8%) та дівчат (23,1%).

Переважає більшість респондентів (81,1%), що палять, всіх статеві-вікових груп починають регулярно паління після 14 років. У той же час, вже у віці 12–13 років починає палити 18,9% підлітків, що є дуже несприятливою прогностичною ознакою сьогодення. Спостерігаються міжстатеві вірогідні відмінності щодо віку початку паління. Так, відсоток хлопців, що починають палити в віці 12–13 років більша за аналогічний показник серед дівчат ($p \leq 0,05$). Тобто, вік початку паління співпадає з віком підліткової кризи, коли діти повною мірою ще не можуть оцінити ризик, пов'язаний з палінням. Це свідчить про необхідність до досягнення дитиною цього віку сформувати у неї негативне ставлення до паління.

До групи регулярних курців можуть бути віднесені 55,8% хлопців та 44,4% дівчат, які мали досвід паління за останній місяць, оскільки вони вживають тютюнові або нікотиновмісні вироби щодня. Це переважно 17-ти річні підлітки. Від 5,6% до 12,4% неповнолітніх курців палять 1–3 рази на місяць, що свідчить про їх слабе залучення до паління.

Серед підлітків, які палили останній місяць, переважну більшість складали ті, що викурювали менш ніж 5 сигарет або будь-яких новітніх тютюнових та нікотиновмісних виробів за добу. Це 58,8% хлопців та 64,7% дівчат 15 років, 66,7% хлопців 73,3% дівчат 16 років, а також 50,4% хлопців і 60,8% дівчат 17 років. Відсоток респондентів, які палять 5–10 сигарет або будь-яких тютюнових виробів за добу, коливається від 24,9% (15-річні) до 36,0% (17-річні). Кількість

хлопців, які палять за добу від 5 сигарет і більше, перевищує кількість дівчат в середньому в 1,4 раза.

Всі 15-річні (100,0%), 68,6% 16-річних та 60,3% 17-річних підлітків палять на відкритому просторі (на вулиці, в парках та зелених зонах, у дворах багатоповерхівок, спортмайданчиках тощо), де можливо перебувати без контролю з боку батьків. В більш старшому віці третина підлітків палять вдома. Це 31,4% дітей 16-річного віку та 31,3% дітей 17-річного віку.

Респонденти-курці не купують традиційні і альтернативні види тютюнових виробів у торговельній мережі, де їм можуть відмовити у продажу, оскільки згідно з законодавством України, особам до 18 років заборонено продавати тютюнові вироби. Переважна більшість купують тютюнові вироби самостійно у кіосках, малих торговельних точках або у вуличних продавців, це 68,1% підлітків 15-річного віку, 75,2% 16-річного віку та 90,0% — 17-річного віку. Тим не менш, від 10,0% до 31,9% опитаних вдаються до допомоги інших людей.

Як за кордоном, так і в Україні, останнє десятиріччя стрімко зростає популярність серед молоді нових видів тютюнових та нікотиновмісних виробів (електронні сигарети, пристрої для нагрівання тютюну та кальян) [15]. Більшість респондентів-курців вказали, що використовують альтернативні види тютюнової та нікотиновмісної продукції. Так, відсоток 15-річних підлітків, які палять альтернативні види тютюну, становила 83,2% (хлопці — 73,2%, дівчата — 94,1%, $p < 0,05$), що у середньому у 4,9 разів перевищує частку щоденних курців сигарет промислового виробництва ($p \leq 0,05$) (рис. 3).

Хлопці (70,8%) і дівчата (94,4%) 16-річного віку також віддають перевагу новим видам тютюнових та нікотиновмісних виробів ($p \leq 0,05$). Кількість 17-річних дітей, які вживають альтернативні види тютюну, дорівнює 88,8%, що в рази перевищує частку щоденних курців звичайних сигарет — 11,2% опитаних ($p \leq 0,05$). Тобто в Україні спостерігається ситуація більшої поширеності паління електронних сигарет, пристроїв для нагрівання тютюну та кальяну, порівняно з традиційними тютюновими виробами.

Серед альтернативних видів нікотиновмісної продукції найбільшою популярністю серед підлітків 15-річного віку користуються електронні сигарети і вейпи — 21,6% (хлопці — 29,3%, дівчата — 41,2%). На другому місці системи для нагрівання тютюну (ТВЕН) — 18,9% (хлопці —

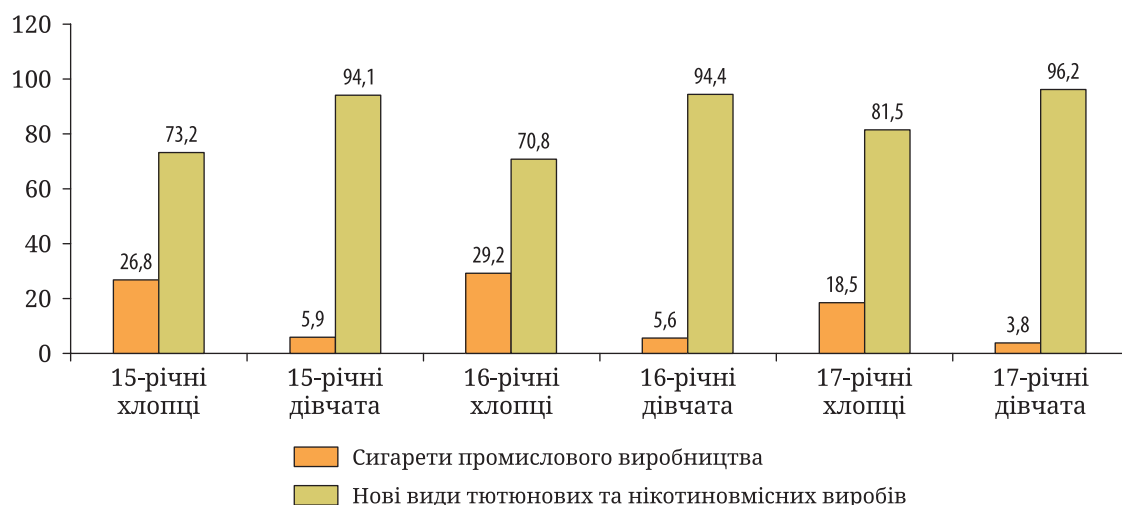


Рис. 3. Розподіл підлітків 15–17 років м. Києва за формами тютюну, які вони використовують (%)

26,8%, дівчата — 32,4%). Кальян курять 14,6% хлопців та 17,6% дівчат (рис. 4).

49,3% підлітків 16-річного віку (хлопці — 37,5%, дівчата — 61,1%) палять електронні сигарети і вейпи. Системи для нагрівання тютюну використовує 22,9% опитаних (хлопці — 29,2%, дівчата — 16,7%). Кальян курять 4,2% хлопців та 16,7% дівчат. 41,6% (хлопці — 37,0%, дівчата — 46,2%) 17-річних респондентів використовують електронні сигарети і вейпи. Системи для нагрівання тютюну — 40,7% (хлопці — 35,2%, дівчата — 46,2%). Кальян курять 9,4% хлопців та 3,8% дівчат.

Дослідження виявило тривожний факт — майже кожен десятий (9,7%) 17-річний теперішній споживач тютюнових та нікотинових

виробів вживає 2 або 3 види продукції. Найбільш поширеною комбінацією є традиційні сигарети та ТВЕН.

Доведено, що значною загрозою здоров'ю дітей є і вторинний тютюновий дим. Третина респондентів страждають від пасивного паління вдома, оскільки один чи двоє їх батьків палять (рис. 5). Від 23,7% до 37,7% підлітків і ті, що палять і ті, що не палять зазначають, що батьки палять в їх присутності. При цьому спостерігається тенденція до того, що кількість дівчат, які страждають від пасивного паління, вища, ніж хлопців. Паління батьків є несприятливим фактом, оскільки родина та приклад батьків мають важливе значення для формування стереотипів поведінки дитини,

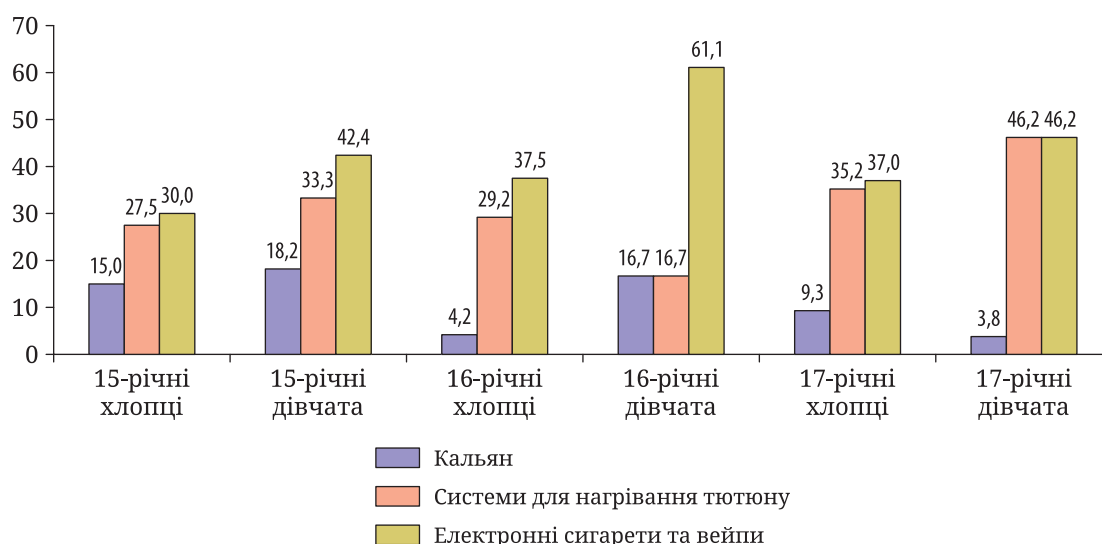


Рис. 4. Розподіл підлітків 15–17 років м. Києва за формами нових видів тютюнових та нікотиновмісних виробів, які вони використовують (%)

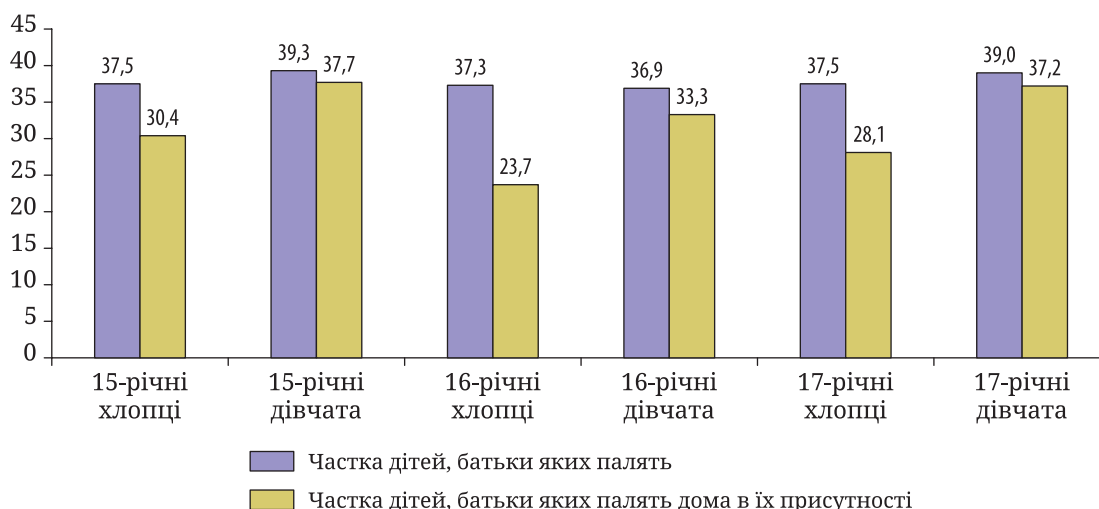


Рис. 5. Питома вага підлітків 15–17 років м. Києва, які піддаються пасивному палінню (%)

її світогляду та мотивації на здоровий спосіб життя.

Позитивним моментом в формуванні здоров'язберігаючої поведінки підлітків є високий рівень обізнаності школярів щодо шкідливості паління для здоров'я. Відсоток таких підлітків коливається від 96,9% 17-річних до 100,0% серед 15-річних. Сприятливою ознакою є те, що 75,9% теперішніх курців бажають припинити палити в майбутньому. Позитивним є зростання питомої ваги таких підлітків з віком (серед 15-річних — 65,8%, серед 17-річних — 71,3%).

ВИСНОВКИ

1. За результатами опитування підлітків 15–17 років міста Києва встановлено, що рівень поширеності тютюнопаління становить 29,3% (32,0% у групі хлопців та 26,7% у групі дівчат). Це є несприятливою прогностичною ознакою, з одного боку, з точки зору формування здоров'я дітей, а з іншого — підвищення частоти паління осіб працездатного віку на майбутнє.

2. Російська воєнна агресія проти України вплинула на зміни в поведінці підлітків щодо тютюнопаління. Відсоток респондентів, які пов'язують початок паління з агресією рф, в залежності від віку і статі коливається від 8,2% до 23,1%.

3. Встановлені негативні тенденції у поширеності тютюнопаління, а саме: 18,9% сучасних підлітків почали регулярно палити у віці 12–13 років.

4. На фоні зниження рівня поширеності паління сигарет промислового виробництва

серед київських підлітків спостерігається високий рівень поширеності паління нових видів тютюнових та нікотиновмісних виробів. Зокрема, їх вживають 83,6% 15-річних, 82,6% 16-річних та 88,8% 17-річних підлітків, що в середньому у 5,7 разів перевищує відсоток тих, які щоденно палять сигарети.

5. Кожен третій підліток зазнає впливу пасивного паління у власних домівках (в середньому 31,8%). При цьому спостерігається тенденція до того, що кількість дівчат, які страждають від пасивного паління, вища, ніж хлопців.

6. Виявлені наступні позитивні тенденції щодо формування здоров'язберігаючої поведінки: висока обізнаність підлітків щодо шкідливого впливу тютюну на організм (в середньому 95,3%) та бажання підлітків-курців кинути палити в майбутньому (75,9%).

ОБМЕЖЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження має просторове та демографічне обмеження — емпірична база була сформована на основі даних, зібраних у межах міста Києва серед підлітків 15–17 років. Це виключає можливість екстраполювати дані на все населення.

НАПРЯМИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Подальші дослідження слід спрямувати на порівняльну оцінку впливу систематичного тютюнопаління (3–4 роки) на рівень фізичного розвитку, функціонального стану дихальної і серцево-судинної системи, фізичної та розумової працездатності підлітків.

REFERENCES

1. **Platonova AH, Yatskovska NYa, Shkarban KS.** Poshyrenist vzhivannia tiutunovykh ta nikotynovykh vyrobiv naselenniam Ukrainy ta svitu (ohliad literatury) [Prevalence of tobacco and nicotine products consumption among the population of Ukraine and the world (literature review)]. *Environment and Health*. 2025;4(117):44–55. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2025.04.044>
2. World Health Organization. Tobacco use declines despite tobacco industry efforts to jeopardize progress. Geneva: WHO; 2024. Available from: <https://www.who.int/ru/news/item/16-01-2024-tobacco-use-declines-despite-tobacco-industry-efforts-to-jeopardize-progress>
3. **Bryazka D, Reitsma M, Abate Y, et al.** Forecasting the effects of smoking prevalence scenarios on years of life lost and life expectancy from 2022 to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Public Health*. 2024;9(10):e729–44. doi: [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(24\)00166-X](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(24)00166-X)
4. **Soleimani F, Dobaradaran S, De-la-Torre GE, Schmidt TC, Saeedi R.** Content of toxic components of cigarette, cigarette smoke vs cigarette butts: a comprehensive systematic review. *Sci Total Environ*. 2022;813:152667. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152667>
5. Kyiv International Institute of Sociology. Use of tobacco and nicotine products: February–March 2025. Analytical report. Kyiv: KIIS, 2025.
6. **Kozii-Bredeliava S, Gutor TG.** Medyko-sotsialnyi portret kurtsia tiutunovykh vyrobiv dlia elektronnoho nahrivannia [Medico-social portrait of a smoker of tobacco products for electronic heating]. *Med. Sci. of Ukr*. 2023Dec.30;19(4):118–24. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.32345/2664-4738.4.2023.14>
7. UNICEF. Three years of full-scale war for Ukraine's children [Internet]. Geneva: UNICEF; 2025. Available from: <https://www.unicef.org/eca/stories/three-years-full-scale-war-ukraines-children>
8. **Polka NS, Yatskovska NYa, Hozak SV.** Poshyrenist tiutunopalinnia sered pidlitkiv Ukrainy [Dissemination of tobacco smoking among adolescents in Ukraine]. *Environment and Health*. 2008;1(44):69–73. Ukrainian. Available from: <https://dovkil-zdorov.kiev.ua/journal/uk/article/view/1180/2296>
9. World Health Organization Regional Office for Europe. Global Adult Tobacco Survey Ukraine 2017: Executive Summary [Internet]. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2017. Available from: <https://www.euro.who.int/en/countries/ukraine/publications/global-adult-tobacco-survey-ukraine-2017>
10. **Fang J, Xu J, Zhou X, Wang Z, Guo X, et al.** The impact of the COVID-19 pandemic on smoking in adolescents: a scoping review. *BMC Public Health*. 2025 Sep 29;25(1):3145. doi: <https://doi.org/10.1186/s12889-025-22456-2>
11. **Bakaloudi DR, Evripidou K, Siargkas A, Breda J, Chourdakis M.** Impact of COVID-19 lockdown on smoking and vaping: systematic review and meta-analysis. *Public Health*. 2023 May;218:160–72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2023.02.007>
12. ESPAD Group. ESPAD Report 2024: Results from the European School Survey Project on Alcohol and Other Drugs. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2025. Available from: <https://www.espad.org/sites/default/files/espad-report-2024-TD0125014ENN.pdf>
13. **Bordun VA, Hutor TH.** Poshyrenist faktoriv ryzyku neinfektsiinykh zakhvoriuvan sered ditei 11–17 rokiv Lvivskoi oblasti v period voiennoho stanu [Prevalence of behavioral risk factors for noncommunicable diseases among 11–17-year-old children in Lviv region during martial law]. *Bulletin of Social Hygiene and Health Care Organization of Ukraine*. 2025;(4):10–7. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.11603/1681-2786.2025.4.15891>
14. **Lisetska IS, Rozhko MM.** Poshyrenist shkidlyvoi zvychyk palinnia sered osib pidlitkovoho ta yunatskoho viku [Prevalence of harmful smoking habit among teenagers and young adults]. *Modern Pediatrics. Ukraine*. 2021;5(117):41–6. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.15574/SP.2021.117.41>
15. Analitichnyi zvit za rezultatamy opytuvannia ukrainskykh pidlitkiv u 2022/2023 rokakh «Zdorovia ta poviedinkovi oriiientatsii uchnivskoi molodi» (HBSC) v mezhakh mizhnarodnoho proiektu VOOZ [Analytical report on the results of a survey of Ukrainian adolescents in 2022/2023 entitled 'Health and Behavioural Orientations of School-Age Children' as part of the WHO's international project 'Health Behaviour in School-Age Children' (HBSC)] [Health Behaviour in School-aged Children]. Kyiv: NGO Oleksandr Yaremenko Ukrainian Institute of Social Research; 2024. Ukrainian. Available from: https://knowledge.org.ua/wp-content/uploads/2025/03/22_23_HBSC_study_UKR-2.pdf

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконані в рамках НДР «Порівняльна оцінка фізичного розвитку підлітків під час воєнної агресії та в довоєнний період», державний реєстраційний № 0123U104621.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

При написанні статті генеративний штучний інтелект не використовувался.

SOURCES OF FUNDING

The studies were carried out within the framework of the research «Comparative assessment of the physical development of adolescents during military aggression and in the pre-war period», State Registration No. 0123U104621.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of a conflict of interest.

APPLICATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

No generative artificial intelligence was employed in the writing of this article.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

ПЛАТОНОВА Аліна: концептуалізація, формальний аналіз, дослідження, методологія, написання — перегляд та редагування, адміністрування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2783-9362>

ЯЦКОВСЬКА Наталія: концептуалізація, курація даних, дослідження, написання — оригінальний проєкт, написання — перегляд та редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3812-9729>

e-mail: yanya191@gmail.com

ШКАРБАН Катерина: формальний аналіз, курація даних, дослідження.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3351-3008>

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

PLATONOVA Alina: conceptualization, formal analysis, research, methodology, writing — review and editing, administration.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2783-9362>

YATSKOVSKA Nataliia: conceptualization, data curation, research, writing — original draft, writing — review and editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3812-9729>

e-mail: yanya191@gmail.com

SHKARBAN Kateryna: formal analysis, data curation, research.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3351-3008>

Отримано: 25.05.2026

Прийнято до друку: 01.07.2026

Опубліковано: 15.07.2026

Received: 25.05.2026

Accepted: 01.07.2026

Published: 15.07.2026



ТРАНСФОРМАЦІЯ ПОВЕДІНКОВИХ ДЕТЕРМІНАНТ ЗДОРОВ'Я ДІТЕЙ ШКІЛЬНОГО ВІКУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Гозак С.В.¹
Єлізарова О.Т.¹
Станкевич Т.В.¹
Калиниченко І.О.²
Парац А.М.¹

¹ Державна установа
«Інститут громадського
здоров'я ім. О.М. Марзєєва
Національної академії
медичних наук України»,
м. Київ, Україна

² Сумський державний
педагогічний університет
імені А. С. Макаренка,
м. Суми, Україна

- **МЕТА.** Вивчення динаміки поведінкових стратегій дітей шкільного віку та особливостей навчання для вдосконалення цілеспрямованих втручань в умовах тривалої нестабільності.
- **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ.** Протягом квітня-червня 2022–2025 років проведено онлайн-опитування батьків школярів ($n=10011$; 5095 хлопців, 4916 дівчат) за допомогою авторського опитувальника QRAPH; вибірка формувалась «сніговою кулею» та через департаменти освіти; виключено анкети за наявності захворювань, реабілітації або участі у змаганнях. Проаналізовано показники рухової активності (LPA, MVPA, PAз), малоактивної поведінки (SB), тривалості сну, прогулянок, часу на уроки та домашні завдання. Обробка матеріалу в Excel, статистична обробка за допомогою STATISTICA 8.0.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** За 2022–2025 роки спостерігається поступове зростання загальної рухової активності у всіх віковостатевих групах; середня PA з 1318 хв/тиждень (3,1 год/день) у хлопців і дівчат; частка дітей з MVPA ≥ 60 хв/день зросла з 21,6% (2022) до 42,1% (2025). Тривалість сну 8,2–8,3 год/день без гендерних відмінностей. Форми навчання змінилися від домінування дистанційної у 2022 до переважно очної у 2025, що корелювало зі збільшенням PA та скороченням часу на ДЗ при очній формі.
- **ВИСНОВКИ.** Поведінкові стратегії школярів у воєнний період є динамічними й піддаються адаптації: від пасивних у 2022 до більш активних у 2024–2025 роках. Результати дозволяють розробити диференційовані програми промоції здоров'я з урахуванням віку й статі.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** діти шкільного віку, умови воєнного стану, рухова активність, сон, дистанційне навчання, адаптація.

TRANSFORMATION OF BEHAVIORAL DETERMINANTS OF SCHOOL-AGE CHILDREN'S HEALTH UNDER MARTIAL LAW

Hozak S.V.¹
Yelizarova O.T.¹
Stankevych T.V.¹
Kalynychenko I.O.²
Parats A.M.¹

¹ State Institution
«Marzheiev Institute
for Public Health
of the National Academy
of Medical Sciences
of Ukraine»,
Kyiv, Ukraine

² Sumy State Pedagogical
University named
after A.S. Makarenko,
Sumy, Ukraine

- **AIM.** To assess dynamics of behavioral strategies and schooling characteristics among schoolage children to inform targeted interventions during prolonged military crisis.
- **MATERIALS AND METHODS.** Between April and June of 2022–2025 an online parental survey was conducted ($n=10011$; 5095 boys, 4916 girls) using the QRAPH questionnaire; sample recruited via snowballing and education departments; respondents whose children were ill, in rehabilitation or participating in competitions were excluded. Analyzed indicators included light physical activity (LPA), moderate to vigorous physical activity (MVPA), total physical activity (PAtotal), sedentary behaviour (SB), sleep duration, walking time, school lessons and homework; data processed in Excel, statistical analysis with STATISTICA 8.0.
- **RESULTS.** Total physical activity increased progressively from 2022 to 2025 across age and sex groups; mean PAtotal 1318 min/week (3.1 h/day) for both sexes; share of children achieving MVPA ≥ 60 min/day rose from 21.6% (2022) to 42.1% (2025). Sleep averaged 8.2–8.3 hours/day with no sex differences. Schooling mode shifted from predominantly remote in 2022 to predominantly face-to-face in 2025, which aligned with increased PA and reduced homework time under in-person schooling.
- **CONCLUSIONS.** Behavioral determinants among schoolchildren during wartime are adaptable — showing a shift from passive strategies early in the war toward more active behaviours by 2024–2025. Findings support age and sex-specific health promotion programs.
- **KEYWORDS:** school-age children, martial law conditions, physical activity, sleep, distance learning, adaptation.

ВСТУП

Аналіз детермінант здоров'я населення в умовах кризових ситуацій є одним із провідних завдань сучасної системи громадського здоров'я. Серед широкого спектра чинників особливе місце посідають поведінкові фактори та особливості навчання, які безпосередньо корелюють із показниками здоров'я. Сучасні вик-

лики у суспільстві, які пов'язані з російською військовою агресією, призводять до суттєвих змін способу життя населення, включаючи дітей шкільного віку [1]. Ці зміни стосуються переходу на змішані та дистанційні форми навчання, а також суттєвими зрушеннями в розпорядку дня та рівні рухової активності. Як було показано раніше, такі зміни пов'язані

з ментальним та фізичним здоров'ям дітей і підлітків [2–6]. В умовах хронічного стресу особливої актуальності набуває дотримання гігієнічних рекомендацій щодо режиму дня, зокрема, рухової активності, сну, адже діти та підлітки, що дотримуються рекомендованої пропорції рухової активності та відпочинку під час своєї життєдіяльності мають кращі показники психічного здоров'я [7].

Нашими попередніми дослідженнями було встановлено, що чинниками ризику для ментального здоров'я школярів є обмеження прогулянок (менше 4 разів або 220 хвилин на тиждень), тривале перебування у замкненому просторі, неінтерактивне дистанційне навчання та наявність супутніх соматичних порушень, таких як надмірна маса тіла. Водночас забезпечення високого рівня рухової активності (понад 2 години на добу), виступає потужним захисним фактором, що у 8 разів підвищує шанси на хороше самопочуття [3]. Також до факторів, що позитивно впливають на здоров'я у будь-які періоди життя, відносять достатній і якісний сон, обмеження сидячої діяльності [8–14].

Попри наявність ґрунтовних знань про вплив короткочасних криз, тривала війна потребує нових досліджень. У життєдіяльності дитини основою стабільності є біологічні, емоційні та соціальні ритми (взаємозв'язок сну, навчання, гри, рухової активності). Порушення цих ритмів під дією хронічного стресу призводить до дезорганізації адаптаційних процесів, що маніфестує через тривогу, соматизацію та зниження когнітивної продуктивності. Школярі перебувають у сенситивному періоді розвитку, тому поведінкові детермінанти, що формуються зараз, закладають фундамент здоров'я не лише для поточного покоління, а й для їхніх нащадків.

Мета дослідження. Вивчення динаміки поведінкових стратегій дітей шкільного віку та особливостей навчання для вдосконалення цілеспрямованих втручань в умовах тривалої нестабільності.

ОБ'ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження виконано в рамках НДР: «Наукове обґрунтування оптимальних обсягів рухової активності дітей молодшого шкільного віку», № держреєстрації 0120U100060; «Гігієнічна оцінка особливостей життєдіяльності дітей і підлітків в умовах сучасних викликів», № держреєстрації 0123U100968; «Визначен-

ня вразливості груп населення до впливу несприятливих соціальних чинників внаслідок воєнних дій в Україні», № держреєстрації 0123U104679.

Для досягнення мети чотири роки поспіль: у квітні–червні 2022, 2023, 2024 та 2025 років було проведене онлайн опитування батьків дітей шкільного віку. Для вивчення особливостей поведінкових детермінант дітей використовували розроблений нами опитувальник «**Q-RAPH**», який застосовувався для опитування під час карантину у 2020–2021 роках та пізніше був доповнений питаннями щодо способу життя та особливостей навчального процесу під час війни [15].

До аналізу включено показники тривалості рухової активності (*РА*) різної інтенсивності та малоактивної діяльності (*LPA* — рухова активність низької інтенсивності, від 1,6 до 3 MET; *MVPA* — рухова активність середньої та високої інтенсивності, 3 MET і вище; *SB* — сидяча поведінка, 1,5 MET і нижче; *РАз* — сумарний показник рухової активності як сума *LPA* і *MVPA*), а також вивчали тривалість сну, прогулянок, навчання у школі та виконання домашніх завдань (*ДЗ*).

За період 2022–2025 років батьками дітей шкільного віку було заповнено 10011 опитувальників (5095 хлопців, 4916 дівчат). Вибірка формувалась методом «снігової кулі». Додатково використовували тактику з опитуванням батьків школярів за допомогою Департаментів освіти і науки міста Києва, Київської, Житомирської, Полтавської, Івано-Франківської, Тернопільської, Чернівецької, Черкаської, Львівської, Вінницької, Одеської, Миколаївської та Дніпропетровської областей, які поширили посилення на опитування по 157 комунальним навчальним закладам, що були визначені за допомогою генератора випадкових чисел. Всі батьки, які взяли участь у дослідженні, ознайомились з інформацією про дослідження і підписали інформовану згоду.

Під час аналізу поведінкових факторів під час війни були виключені анкети від тих батьків чиї діти на момент дослідження хворіли, проходили реабілітацію після травми або хірургічного втручання, а також приймали участь у спортивних змаганнях.

Систематизація матеріалу і первинна математична обробка були виконані за допомогою таблиць Microsoft EXCEL 2016. Статистична обробка проводилась з використанням пакету STATISTICA 8.0.

РЕЗУЛЬТАТИ

Результати дослідження наведено з урахуванням статі, вікової групи, року війни. В *табл. 1* представлено середню тривалість різних видів звичної активності у хлопців шкільного віку в динаміці 2022–2025 роки. У *табл. 2* наведено аналогічну інформацію для дівчат.

Як бачимо, загальний рівень рухової активності демонстрував поступове зростання з 2022 до 2025 років як у групі хлопців ($F=128,2$; $p<0,001$), так і у групі дівчат ($F=186,3$; $p<0,001$). У хлопців середня тривалість РА становила ($1318,5\pm 7,6$) хв/тиждень, у дівчат — ($1316,8\pm 7,5$) хв/тиждень, тобто 3,1 год/день. Гендерних відмінностей щодо РА не виявлено ($p>0,8$). Водночас за структурою навантаження хлопці мали вищі показники MVPA (381,1 хв/тиждень (54,4 хв/день) проти 347,2 хв/тиждень (49,6 хв/день) у дівчат; $F=57,0$; $p<0,001$), тоді як дівчата дещо переважали хлопців за легкою активністю ($F=19,7$; $p<0,001$).

Показники РА суттєво зросли у 2024–2025 роках порівняно з періодом 2022–2023 років в усіх віково-статевих групах, що може свідчити про відновлення рухового режиму після перших воєнних років, коли активність дітей була обмежена дистанційним навчанням і перебуванням у сховищах, а також про адаптацію дітей до нових умов.

Як бачимо з *табл. 1* і *2*, середні значення тривалості MVPA дітей за останні два роки досягають рекомендованого ВООЗ рівня для дітей і підлітків. Так, у хлопців молодшого шкільного віку середня тривалість хв/день зросла від 38–48 хв/день у перші 2 роки війни до 59–61 хв/день в останні 2 роки; у хлопців середнього шкільного віку відповідно — від 37–39 хв/день до 60–63 хв/день; у хлопців старшого шкільного віку — від 32–37 хв/день до 63–77 хв/день. У дівчат відповідно — від 34–40 хв/день до 52–58 хв/день в молодшому шкільному віці; від 29–35 хв/день до 48–58 хв/день — в середньо-

Таблиця 1. Середня тривалість складових режиму дня у хлопців за період 2022–2025 рр. з урахуванням віку, хв/тиждень ($n=4608$)

Вікові групи	LPA		MVPA		PA		SB		Сон		Прогулянки	
	М	м	М	м	М	м	М	м	М	м	М	м
Молодша	952,1	8,5	379,2	5,0	1321,3	11,1	5167,6	13,6	3591,1	7,5	421,7	6,3
2022	656,8	25,0	334,4	24,1	980,5	41,2	5367,6	50,2	3732,0	24,9	349,6	19,8
2023	893,1	19,2	264,4	11,0	1141,5	24,3	5405,6	31,9	3532,9	17,5	442,1	14,6
2024	857,9	17,5	428,7	16,7	1284,4	27,7	5190,4	32,5	3605,3	16,6	439,2	13,8
2025	1064,4	11,1	410,9	3,2	1466,9	12,6	5030,7	16,5	3582,5	10,1	420,5	8,8
<i>F</i>	89,1		53,4		87,1		47,4		15,9		5,3	
<i>p</i>	0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001	
Середня	942,3	8,5	382,2	4,6	1310,4	11,0	5326,7	13,6	3442,9	8,0	365,7	5,9
2022	624,2	26,8	274,4	14,9	882,3	33,5	5554,9	47,0	3642,8	32,2	274,8	18,3
2023	873,7	21,1	261,1	10,0	1117,5	25,1	5571,7	33,1	3390,7	20,4	385,9	14,4
2024	863,0	18,7	438,8	17,7	1297,3	30,3	5326,4	36,4	3456,3	18,2	402,5	14,2
2025	1041,9	10,5	420,9	3,5	1449,6	12,4	5206,3	16,1	3424,1	9,9	361,8	7,8
<i>F</i>	84,2		91,8		108,2		45,8		23,1		10,2	
<i>p</i>	0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001	
Старша	987,0	23,7	384,7	12,6	1355,3	30,5	5456,3	36,9	3268,5	21,6	361,1	15,9
2022	645,9	46,3	258,3	30,3	874,2	51,6	5772,6	82,0	3433,3	72,9	261,3	42,2
2023	913,4	43,7	226,0	19,2	1118,3	48,6	5733,5	67,2	3228,1	41,8	366,2	32,4
2024	958,1	59,2	540,5	54,7	1498,6	99,9	5328,6	114,8	3252,8	60,6	417,6	44,4
2025	1114,8	33,9	441,7	11,0	1551,4	39,8	5276,6	50,0	3252,0	29,0	367,1	22,4
<i>F</i>	16,0		34,8		28,3		13,4		2,8		2,2	
<i>p</i>	0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,086	
Вся вибірка	949,9	5,9	381,1	3,3	1318,5	7,6	5267,6	9,4	3493,9	5,5	390,0	4,2

Примітка. LPA — легка рухова активність, MVPA — середнього та високого рівня, PA — загальна активність, SB — малоактивна діяльність.

Таблиця 2. Середня тривалість складових режиму дня у дівчат за період 2022–2025 рр., хв/тиждень (n=4404)

Вікові групи	LPA		MVPA		PA		SB		Сон		Прогулянки	
	М	м	М	м	М	м	М	м	М	м	М	м
Молодша	964,6	9,0	352,8	4,6	1305,0	11,1	5178,8	14,0	3596,3	8,1	387,1	6,2
2022	657,4	25,3	285,0	17,8	923,8	34,0	5383,0	45,6	3773,2	28,4	312,6	18,7
2023	1001,3	23,2	243,4	9,3	1233,4	26,5	5340,1	34,8	3506,5	19,3	422,9	14,4
2024	873,6	18,8	367,4	15,9	1237,8	27,4	5245,4	34,5	3596,8	18,1	416,8	14,8
2025	1042,7	11,0	405,0	3,4	1433,8	12,9	5048,0	16,7	3598,2	10,4	376,4	8,5
<i>F</i>	65,4		78,5		75,0		34,3		25,5		9,0	
<i>p</i>	0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001	
Середня	997,0	8,7	344,8	4,3	1321,2	10,7	5331,3	14,0	3427,5	8,8	345,8	5,8
2022	746,2	35,6	244,6	15,2	971,5	42,6	5443,5	56,9	3665,1	31,8	261,0	19,3
2023	999,3	25,0	203,5	9,3	1178,6	28,0	5565,9	36,1	3335,6	23,0	396,6	15,3
2024	906,8	17,0	334,0	14,5	1234,2	24,4	5390,4	32,3	3455,4	20,5	377,4	13,3
2025	1067,4	10,4	406,0	3,3	1452,5	12,1	5218,3	16,8	3409,3	10,9	332,9	7,5
<i>F</i>	45,6		133,6		81,2		32,9		30,1		13,8	
<i>p</i>	0,001		0,001		0,001		0,001		0,001		0,001	
Старша	1039,2	21,5	333,0	12,7	1348,0	27,6	5455,7	35,3	3276,3	22,0	324,6	12,4
2022	675,1	68,8	171,5	20,5	830,7	78,4	5786,7	123,7	3462,6	78,6	218,3	31,7
2023	1023,3	47,3	153,9	11,5	1154,7	49,4	5703,6	66,7	3221,7	46,7	381,3	31,5
2024	883,1	48,3	340,8	65,0	1199,9	78,4	5534,8	97,5	3345,3	55,6	319,1	28,3
2025	1158,3	26,3	421,6	9,9	1562,4	32,0	5275,6	44,6	3241,9	28,8	326,6	16,6
<i>F</i>	21,2		34,9		35,8		12,5		4,0		4,2	
<i>p</i>	0,001		0,001		0,001		0,001		0,008		0,006	
Вся вибірка	987,2	6,0	347,2	3,1	1316,8	7,5	5278,6	9,7	3484,6	6,1	361,4	4,0

Примітка. LPA — легка рухова активність, MVPA — середнього та високого рівня, PA — загальна активність, SB — малоактивна діяльність.

му та від 22–24 хв/день до 48–60 хв/день — в старшому шкільному віці. Як бачимо середні значення тривалості MVPA останніх двох років досягають рекомендованого ВООЗ рівня для дітей і підлітків.

Якщо проаналізувати більш детально, то побачимо, що за весь період дослідження більше 60 хв/добу MVPA, що відповідає оптимальному рівню PA, мало (32,4±0,5)% школярів. Цей показник підвищився від (21,6±1,4)% у 2022 році до (42,1±0,7)% у 2025 році ($\chi^2=599,6$; $p<0,001$; Cramer's $V=0,26$). І це вище у порівнянні з періодом пандемії [15].

Середня тривалість прогулянок також зростала протягом чотирьох років війни в усіх вікових статевих групах, причому найвища тривалість спостерігалась в 2024 році, а в 2025 році намітилось незначне зниження цього показника. Втім середня тривалість прогулянок відповідає необхідним значенням для кризових періодів.

Середня тривалість сну за тиждень становила (3493,9±5,5) хв у хлопців і (3484,6±6,1) хв у дівчат, тобто приблизно 8,2–8,3 години на добу, без істотних відмінностей за статтю ($p>0,3$). Тривалість сну була вищою у 2022 році для всіх вікових груп ($p<0,001$), а з 2023 року залишалася відносно стабільною, з невеликим зниженням у середній віковій групі, що може бути пов'язане зі збільшенням навчального навантаження.

Середня тривалість навчання у школі становила (1329,6±8,4) хв/тиждень у хлопців і (1350,4±8,4) хв/тиждень у дівчат, що еквівалентно 4,4–4,6 години на день (табл. 3). На домашні завдання (ДЗ) хлопці витрачали в середньому (801,8±5,1) хв/тиждень, дівчата — (862,4±5,3) хв/тиждень, тобто близько 1,9–2 годин на день, при цьому дівчата стабільно витрачали більше часу на навчання ($p<0,05$).

Як бачимо з табл. 3, найнижча тривалість навчання як серед хлопців, так і серед дівчат

Таблиця 3. Середня тривалість навчання у школі (уроки) та виконання домашніх завдань (ДЗ) у дітей за статтю та роками спостереження (2022–2025 рр.), хв/тиждень

Рік	Хлопці				Дівчата			
	Уроки		ДЗ		Уроки		ДЗ	
	М	м	М	м	М	м	М	м
Молодша	1236,8	11,1	736,6	6,9	1216,4	11,6	737,9	7,1
2022	998,3	32,5	714,7	27,6	956,4	33,0	704,3	24,7
2023	1306,4	23,6	760,3	16,1	1296,4	23,6	763,9	14,9
2024	1221,7	26,7	701,1	15,7	1293,6	29,3	705,1	16,8
2025	1255,2	15,4	743,5	9,1	1205,8	16,1	744,1	9,9
Середня	1399,1	12,7	854,7	7,7	1446,6	12,3	938,3	7,7
2022	1082,7	37,0	808,8	29,3	1145,5	34,9	840,0	27,7
2023	1484,6	29,8	879,0	18,5	1546,2	27,4	984,8	18,6
2024	1350,0	30,6	840,0	18,4	1454,7	29,1	947,1	17,6
2025	1435,2	17,0	857,9	10,0	1458,1	16,7	935,0	10,3
Старша	1417,1	33,9	847,8	20,9	1448,5	30,3	1028,1	19,5
2022	1002,9	95,2	824,4	91,0	1132,5	80,7	1003,3	77,2
2023	1517,2	60,1	883,4	38,9	1467,5	69,6	1037,3	40,9
2024	1602,1	81,8	914,7	55,5	1619,0	77,4	1125,0	55,7
2025	1401,8	49,2	814,4	28,5	1453,3	40,4	1004,7	25,0
Вся вибірка	1329,6	8,4	801,8	5,1	1350,4	8,4	862,4	5,4

Примітка. дівчата стабільно витрачали більше часу на виконання домашніх завдань порівняно з хлопцями ($F=56,1$; $p<0,001$). Тривалість навчання статистично не відрізнялась ($p>0,1$).

спостерігалась на початку широкомасштабного вторгнення, навесні 2022 року, а вже через рік і далі стабілізувалась на більш високому рівні.

Слід зазначити, що за період війни суттєво змінювалась форма навчання дітей в школах від переважно дистанційного у 2022 році до переважно очного у 2025 році. Так, у 2022 році лише 4,2% дітей навчалися очно, тоді як майже 90% — дистанційно. У 2023 році ситуація кардинально змінилася: половина учнів (50,4%) повернулася до класів, а ще 28,6% перебували на змішаному навчанні. Далі частка очного навчання продовжила зростати до 69% у 2024 році та 77% у 2025 році, тоді як дистанційне скоротилося до 5,9%, а змішане стабілізувалося на рівні 17%.

Особливо показовою є ситуація серед першокласників, які найгостріше реагують на втрату безпосереднього контакту з учителем. У 2022 році лише 1% дітей цього віку навчалися очно, а понад 93% дистанційно. Проте вже у 2025 році очна форма для них стала домінуючою (77%), що відображає поступове відновлення нормального освітнього середовища і пріоритетність соціальної взаємодії у ранньому шкільному віці.

У середній та старшій школі також спостерігалась стабілізація: частка дітей з очною формою навчання у 2025 році перевищувала 70%, а дистанційне залишалось резервною формою у разі загострення безпекової ситуації. Відмінності між роками були статистично значущими ($\chi^2=2173,7$; $p<0,001$; Cramer's $V=0,52$), що свідчить про сильний ефект часу й відновлення очної освіти як базової форми навчання.

Таким чином, упродовж 2022–2025 років структура форм навчання зазнала поступового переходу від дистанційної до очної моделі, що відображає адаптацію освітньої системи до умов війни та повернення дітей до соціального навчального простору, особливо важливого для молодших школярів.

Значення Cramer's $V>0,52$ свідчить про суттєву трансформацію освітнього середовища: цей показник не лише фіксує статистичну різницю між роками, а й відображає системні зусилля держави та місцевих громад щодо відновлення очного навчання.

Поступове збільшення частки очної форми стало можливим завдяки цілеспрямованим заходам із забезпечення безпеки дітей — відкриттю та облаштуванню укриттів у школах, поетапному відновленню роботи навчальних

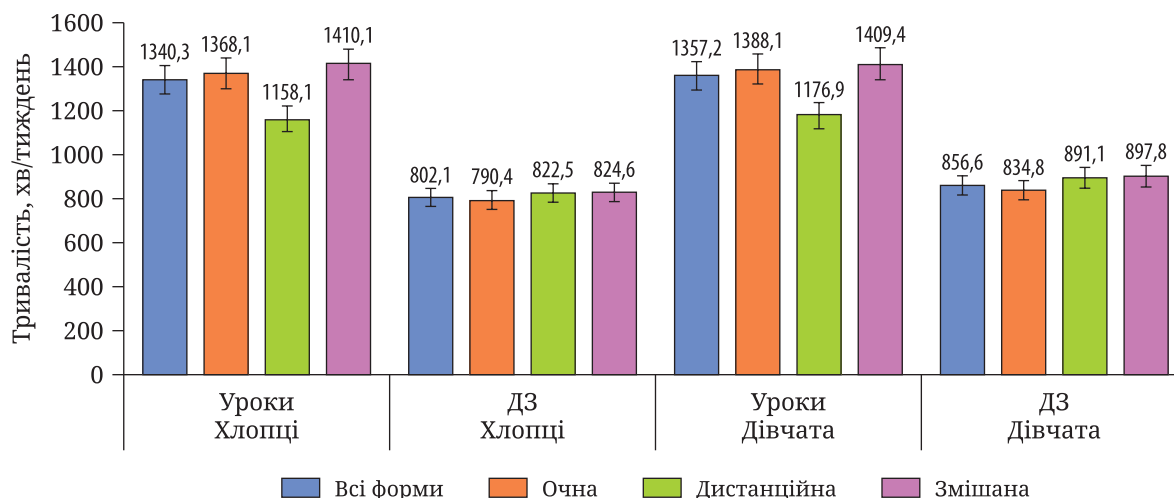


Рис. 1. Порівняльна характеристика тривалості навчання та виконання домашнього завдання при різних формах навчання, 2022–2025 рр., хвилин/тиждень

закладів у більш безпечних регіонах і гнучким моделям організації освітнього процесу.

Цей процес демонструє високий рівень адаптаційного потенціалу системи освіти в умовах воєнного часу та готовність педагогічних колективів зберігати безперервність навчання навіть у кризових обставинах.

Що стосується тривалості навчання при різних формах організації навчального процесу, то найнижча тривалість навчання спостерігалась при дистанційній формі, а найвища — при змішаній ($F=90,9$; $p<0,001$). Тривалість виконання ДЗ була нижчою при очній формі ($F=17,2$; $p<0,001$) (рис. 1).

Як бачимо, дівчата стабільно демонструють вищу тривалість виконання домашніх завдань, ніж хлопці, за будь-якого формату навчання. Найбільший розрив спостерігається за дистанційної форми, де дівчата витрачають на самостійну роботу на 68 хвилин на тиждень більше, ніж хлопці.

Отже, змішана форма навчання є найбільш тривалою як для хлопців, так і для дівчат. Дистанційне навчання супроводжується скороченням часу на обов'язкові уроки, але водночас збільшенням часу на самостійну роботу (ДЗ), що особливо виражено у дівчат. Очне навчання можна вважати оптимальним для школярів як з позиції оптимальної сумарної навчальної тривалості, так і з позиції збільшення рухової активності.

Таким чином, отримані дані дозволяють зробити висновок про адаптацію дитячого населення до умов воєнного стану. Спостерігається перехід дітей від пасивних стратегій на початку війни до активних стратегій у міру

адаптації: якщо поведінка школярів у 2022 році характеризувалася гіпокінезією, мінімумом РА помірної та високої інтенсивності (MVPA) та збільшенням часу на сон, то в 2024–2025 роках спостерігається збільшення загальної рухової активності, а частка тих, хто досяг оптимального рівня MVPA за рекомендаціями ВООЗ, зросла вдвічі (з 21,6% до 42,1%). Це свідчить про високий адаптаційний потенціал у дітей.

Також змінилось освітнє середовище, яке впливає на спосіб життя дітей. Якщо у 2022 році домінувала дистанційна форма навчання, то в 2025 році — очна. Встановлено залежність між формою навчання та бюджетом часу школярів. За очної форми зменшилася тривалість самопідготовки (ДЗ), що може знижувати ризик перевтоми, та збільшувати рухову активність завдяки фізичному переміщенню до школи.

Наше дослідження доводить, що в умовах тривалої гуманітарної кризи поведінкові стратегії дітей є динамічними та піддаються корекції через зміну зовнішніх умов. Отримані дані дозволяють розробити диференційовані програми промоції здоров'я школярів, враховуючи віковий і гендерний аспекти.

ВИСНОВКИ

1. Динаміка поведінкових детермінант за період війни (2022–2025 роки) свідчить про перехід дітей від пасивних стратегій на початку війни (гіпокінезія, мінімум РА помірної та високої інтенсивності, збільшення часу на сон) до активних стратегій у міру адаптації (збільшення рухової активності в 2024–2025 роках), а частка тих, хто досяг оптимального рівня

MVPA за стандартами ВООЗ, зросла вдвічі (від 21,6% до 42,1%).

2. Середня тривалість сну не має гендерних відмінностей і становить 8,2–8,3 години на добу. Найвищі показники сну спостерігалися у 2022 році, а з 2023 року показник стабілізувався із тенденцією до зменшення у середній віковій групі через інтенсифікацію навчання.

3. Малоактивна діяльність (сидяча поведінка) стабільно займає найбільшу частку в бюджеті часу неспання, проте має тенденцію до поступового зниження у 2025 році на тлі збільшення рухової активності.

4. Упродовж 2022–2025 років структура форм навчання зазнала поступового переходу від дистанційної до очної моделі, що відображає адаптацію освітньої системи до умов війни та повернення дітей до соціального навчального простору, особливо важливого для молодших школярів.

REFERENCES

1. **Vlasenko RV, Yatsenko LD.** Sotsialni ryzyky Ukrainy v umovakh viiny ta povoyennogo vidnovlennia [Social risks of Ukraine in the conditions of war and post-war recovery]. *Problems of Modern Transformations. Series: Economics and Management.* 2023;7. Ukrainian.
doi: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-7-07-01>
2. **Loades ME, Chatburn E, Higson-Sweeney N, Reynolds S, Shafraan R, Brigden A, Linney C, McManus MN, Borwick C, Crawley E.** Rapid Systematic Review: The Impact of Social Isolation and Loneliness on the Mental Health of Children and Adolescents in the Context of COVID-19. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry.* 2020 Nov;59(11):1218–39.e3.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaac.2020.05.009>
3. **Hozak SV, Yelizarova OT, Stankevych TV, Parats AN.** Main factors of the negative impact of the COVID-19 pandemic on mental health of children. *Medical Science of Ukraine.* 2022;18(4):74–80.
doi: <https://doi.org/10.32345/2664-4738.4.2022.11>
4. **Hozak SV, Yelizarova OT, Stankevych TV, Parats AM, Lynchak OV, Diuba NM.** Tryvalist i yakist snu u ditey shkilnoho viku u zviazku z yikh psychoemotsiynym stanom: retrospektyvno-prospektyvne doslidzhennia [The association between school-age children duration and quality of sleep and their psychoemotional status: a retrospectiveprospectivestudy]. *Actual problems of modern medicine.* 2021;8:119–27. Ukrainian.
doi: <https://doi.org/10.26565/2617-409X-2021-8-13>
5. **Hozak S, Yelizarova O, Stankevych T, Diuba N, Parats A, Lebedynets N.** Vplyv dystantsiynoho navchannia shkoliariv 1–11 klasiv pid chas pandemii COVID-19 na yikh psychoemotsiynyi stan [Anxiety and depression of Ukrainian school-age children in the process of distance education during the COVID-19 pandemic]. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Series «Psychology».* 2020;1(11):27–32. Ukrainian.
doi: [https://doi.org/10.17721/BSP.2020.1\(11\).5](https://doi.org/10.17721/BSP.2020.1(11).5)
6. **Hozak SV, Yelizarova OT, Antomonov MYu, Stankevych TV, Parats AM.** Zviazok rivnia rukhovoi aktivnosti ditey i pidlitkiv z pokaznykamy zdorovia [Relationship between the levels of physical activity of children and adolescents with health indicators]. *Hygiene of populated places.* 2021;71:177–87. Ukrainian.
doi: <https://doi.org/10.32402/hygiene2021.71.177>
7. **Sampasa-Kanyinga H, Colman I, Goldfield GS, Janssen I, Wang J, Podinic I, Tremblay MS, Saunders TJ, Sampson M, Chaput JP.** Combinations of physical activity, sedentary time, and sleep duration and their associations with depressive symptoms and other mental health problems in children and adolescents: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2020 Jun 5;17(1):72.
doi: <https://doi.org/10.1186/s12966-020-00976-x>
8. **Wang J, Adab P, Liu W, Chen Y, Li B, Lin R, Liu W, Cheng KK, Pallan M.** Prevalence of adiposity and its association with sleep duration, quality, and timing among 9–12-year-old children in Guangzhou, China. *J Epidemiol.* 2017 Nov;27(11):531–7.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.je.2016.11.003>
9. **Alfano CA, Zakem AH, Costa NM, Taylor LK, Weems CF.** Sleep problems and their relation to cognitive factors, anxiety, and depressive symptoms in children and adolescents. *Depress Anxiety.* 2009;26(6):503–12.
doi: <https://doi.org/10.1002/da.20443>
10. **Matricciani L, Paquet C, Galland B, Short M, Olds T.** Children's sleep and health: A meta-review. *Sleep Med Rev.* 2019 Aug;46:136–50.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2019.04.011>
11. **Singh S, Roy D, Sinha K, Parveen S, Sharma G, Joshi G.** Impact of COVID-19 and lockdown on mental health of children and adolescents: A narrative review with recommendations. *Psychiatry Res.* 2020 Nov;293:113429.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113429>
12. **Shah K, Mann S, Singh R, Bangar R, Kulkarni R.** Impact of COVID-19 on the Mental Health of Children and Adolescents. *Cureus.* 2020 Aug 26;12(8):e10051.
doi: <https://doi.org/10.7759/cureus.10051>
13. **Gloster AT, Lamnisis D, Lubenko J, et al.** Impact of COVID-19 pandemic on mental health: An international study. *PLoS One.* 2020;15(12):e0244809.
doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244809>
14. **López-Bueno R, López-Sánchez GF, Casajús JA, Calatayud J, Tully MA, Smith L.** Potential health-related behaviors for pre-school and school-aged children during COVID-19 lockdown: A narrative review. *Prev Med.* 2021 Feb;143:106349.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2020.106349>
15. **Yelizarova O, Stankevych T, Parats A, Polka N, Lynchak O, Diuba N, Hozak S.** The effect of two COVID-19 lockdowns on physical activity of school-age children. *Sports Med Health Sci.* 2022 Jun;4(2):119–26.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2022.01.002>

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконано в рамках НДР: «Наукове обґрунтування оптимальних обсягів рухової активності дітей молодшого шкільного віку», № держреєстрації 0120U100060; «Гігієнічна оцінка особливостей життєдіяльності дітей і підлітків в умовах сучасних викликів», № держреєстрації 0123U100968; «Визначення вразливості груп населення до впливу несприятливих соціальних чинників внаслідок воєнних дій в Україні», № держреєстрації 0123U104679.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Під час підготовки цього рукопису автори використовували велику мовну модель Gemini (версія 3.1 Flash) виключно з метою мовного редагування. Автори несуть повну відповідальність за достовірність та зміст поданої роботи.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

ГОЗАК Світлана: адміністрування проєкту, концептуалізація, нагляд, написання — рецензування та редагування.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6379-7331>

ЄЛІЗАРОВА Олена: методологія, формальний аналіз, написання — оригінальна чернетка.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2860-9059>

СТАНКЕВИЧ Тетяна: дослідження, написання — огляд та редагування.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3998-3748>
e-mail: t.stankevych@health.gov.ua

КАЛИНИЧЕНКО Ірина: адміністрування проєкту, дослідження, написання — огляд та редагування.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1514-4210>

ПАРАЦ Алла: дослідження, написання — огляд та редагування.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4301-5336>

Отримано: 27.05.2026
Прийнято до друку: 01.07.2026
Опубліковано: 15.07.2026

SOURCES OF FUNDING

This study was carried out as part of the research project: 'Scientific justification of optimal levels of physical activity for children of primary school age', State registration number 0120U100060; 'Hygienic assessment of the characteristics of children's and adolescents' vital functions in the context of contemporary challenges', State Registration No. 0123U100968; 'Determination of the vulnerability of population groups to the impact of adverse social factors resulting from military operations in Ukraine', State Registration No. 0123U104679.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest.

APPLICATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

During the preparation of this manuscript, the authors used the Gemini large language model (version 3.1 Flash) solely for the purpose of language editing. The authors bear full responsibility for the accuracy and content of the submitted work.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

HOZAK Svitlana: project administration, conceptualisation, supervision, writing — peer review and editing.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6379-7331>

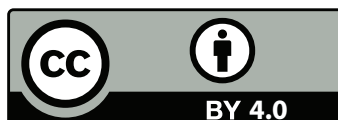
YELIZAROVA Olena: methodology, formal analysis, writing — original draft.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2860-9059>

STANKEVYCH Tetiana: research, writing — review and editing.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3998-3748>
e-mail: t.stankevych@health.gov.ua

KALYNYCHENKO Iryna: project administration, research, writing — review and editing.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1514-4210>

PARATS Alla: research, writing — review and editing.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4301-5336>

Received: 27.05.2026
Accepted: 01.07.2026
Published: 15.07.2026



**МІКРОБІОЛОГІЧНИЙ СПЕКТР ЗБУДНИКІВ ІНФЕКЦІЙ,
ПОВ'ЯЗАНИХ З НАДАННЯМ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ,
ТА ВИДІЛЕНИХ В УКРАЇНІ У 2023–2024 РОКАХ**

Сурмашева О.В.¹
Глушкевич Т.Г.²
Сбоєва А.М.²
Росада М.О.²
Молчанець О.В.¹
Полька О.О.

¹ Державна установа
«Інститут громадського
здоров'я ім. О.М. Марзєєва
Національної академії
медичних наук України»,
м. Київ, Україна
² Державна установа
«Центр громадського
здоров'я Міністерства
охорони здоров'я України»,
м. Київ, Україна

- **МЕТА.** Аналіз мікробіологічного спектру збудників інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги, які виділені в Україні у 2023–2024 роках.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Досліджені штами мікроорганізмів надійшли до лабораторії діагностики туберкульозу, бактеріальних, паразитарних та особливо небезпечних патогенів ДУ «Центр громадського здоров'я МОЗ України» з обласних центрів контролю та профілактики хвороб та закладів охорони здоров'я України. Ідентифікація мікроорганізмів була проведена за допомогою мікробіологічних аналізаторів VITEK 2 Compact та MALDI Biotyper Sirius.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** За 2024 рік було ізольовано та ідентифіковано 1412 (культур мікроорганізмів, що були виділені з ран, крові, спинномозкової рідини, сечі та інших середовищ. Бактерії відносились до 7 різновидів, а саме: *K. pneumoniae*, *A. baumannii*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *S. aureus*, *E. faecalis*, *E. faecium*, інші умовно-патогенні мікроорганізми. Найбільша кількість штамів бактерій виділених з різного біологічного матеріалу представлена *K. pneumoniae*, *A. baumannii* та *P. aeruginosa*.
- **ВИСНОВКИ.** За результатами проведеного мікробіологічного дослідження визначена етіологічна структура збудників інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги в Україні за 2023–2024 рр. Виділені збудники найбільш розповсюджені мікроорганізмами, які підлягають дозорному епідеміологічному нагляду за протимікробною резистентністю в Україні. Серед досліджених культур в 2024 році, як і в 2023 році домінували грамнегативні мікроорганізми — 87,7%, грампозитивні склали 12,3%. За видовим складом культури мікроорганізмів розподілялися наступним чином: *K. pneumoniae* — 34,4% (2023 — 35,2%), *A. baumannii* — 28,0% (2023 — 26,0%), *P. aeruginosa* — 18,1% (2023 — 19,9%), *E. coli* — 3,8% (2023 — 5,3%), *S. aureus* — 9,0% (2023 — 4,5%), *E. faecalis* — 0,9% (2023 — 0,6%), *E. faecium* — 1,3% (2023-0,6%), інші — 4,5% (2023-1,8%). За місцем локалізації в організмі людини культури були виділені: з ран — 72,4% (2023 — 71,9%), з крові — 21,7% (2023 — 18,1%), зі спинномозкової рідини — 3,2% (2023 — 3,6%), з інших біологічних матеріалів — 2,7% (2023 — 6,4%).
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** інфекції, пов'язані з наданням медичної допомоги, мікробіологічний спектр збудників, біологічний матеріал.

**MICROBIOLOGICAL SPECTRUM OF CAUSATIVE AGENTS
OF THE INFECTIONS RELATED TO GRANT OF MEDICARE,
DISTINGUISHED IN UKRAINE IN 2023–2024**

Surmasheva O.V.¹
Hlushkevych T.G.²
Sboieva A.M.²
Rosada M.O.²
Molchanets O.V.¹
Polka O.O.¹

¹ State Institution «Marzieiev
Institute for Public Health
of the National Academy of
Medical Sciences of Ukraine»,
Kyiv, Ukraine
² State Institution «Public
Health Center of the Ministry
of Health of Ukraine»,
Kyiv, Ukraine

- **AIM.** To analyse the microbiological spectrum of pathogens causing healthcare-associated infections isolated in Ukraine in 2023–2024.
- **MATERIALS AND METHODS.** The studied microorganisms' strains were received by the Laboratory of Diagnostics of Tuberculosis, Bacterial, Parasitic and Particularly Dangerous Pathogens of the State Institution «Center for Public Health of the Ministry of Health of Ukraine» from regional centers for disease control and prevention and health care institutions of Ukraine. Identification of microorganisms was carried out using microbiological analyzers VITEK 2 Compact and MALDI Biotyper Sirius.
- **RESULTS.** In 2024, 1593 (2023 — 1454) cultures of microorganisms were isolated and identified from wounds, blood, cerebrospinal fluid, urine and other media. The bacteria belonged to 7 species, namely: *K. pneumoniae*, *A. baumannii*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *S. aureus*, *E. faecalis*, *E. faecium*, other opportunistic microorganisms. The largest number of bacterial strains isolated from various biological material is represented by *K. pneumoniae*, *A. baumannii* and *P. aeruginosa*.
- **CONCLUSIONS.** According to the results of the microbiological study, the etiological structure of pathogens of infections associated with the provision of medical care in Ukraine in 2023–2024 was determined. The most common microorganisms that are subject to sentinel epidemiological surveillance for antimicrobial resistance in Ukraine were identified. The largest number of cultures from 130 to 220 came from hospitals in Kyiv 14.4%, Khmelnytskyi 13.9%, Lviv 13.3%, Zaporizhzhia 8.5% regions. Less than 20 cultures were sent by Kherson, Mykolaiv, Zhytomyr, Chernivtsi, Poltava and Sumy regions. Among the cultures studied in 2024, as in 2023, gram-negative microorganisms dominated — 87.7%, gram-positive ones made up 12.3%. By species composition, the cultures of microorganisms were distributed as follows: *K. pneumoniae* — 34.4% (2023 — 35.2%), *A. baumannii* — 28.0% (2023 — 26.0%), *P. aeruginosa* — 18.1% (2023 — 19.9%), *E. coli* — 3.8% (2023 — 5.3%), *S. aureus* — 9.0% (2023 — 4.5%), *E. faecalis* — 0.9%

(2023 — 0.6%), *E. faecium* — 1.3% (2023 — 0.6%), others — 4.5% (2023 — 1.8%). By location in the human body, cultures were isolated: from wounds — 72.4% (2023 — 71.9%), from blood — 21.7% (2023 — 18.1%), from cerebrospinal fluid — 3.2% (2023 — 3.6%), from other biological materials — 2.7% (2023 — 6.4%).

■ **KEYWORDS:** infections associated with the provision of medical care, microbiological spectrum of pathogens, biological material.

ВСТУП

Система охорони здоров'я України перебуває під величезним тиском через обмежені ресурси, що ускладнює підтримку заходів профілактики та контролю інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги (ІПНМД), це може призвести до поширення резистентних до антибіотиків мікроорганізмів.

Інфекційні ускладнення після травм та хірургічних операцій поширені, і незважаючи на доступ до антибіотиків широкого спектру дії можуть бути складними для лікування. За даними літератури частота розвитку цих інфекцій коливається в межах 2,5–8,1% у розвинених країнах та до 17% у країнах, що розвиваються [1]. Цей показник в Україні становить 6,8–19,6% [2]. Повідомляється, що післяопераційна інфекція серед військовослужбовців, які постраждали внаслідок бойових травм та поранень, коливається в межах 34–57%, що значно вище, ніж у цивільного населення на територіях поза межами бойових дій [3].

Метою роботи був аналіз видового спектру збудників інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги, які виділені в Україні протягом 2023–2024 років.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В 2024 році до ДУ «Центр громадського здоров'я МОЗ України» для підтвердження та подальшого вивчення з обласних центрів контролю та профілактики хвороб та стаціонарів надійшло 1412 культур умовно-патогенних полірезистентних мікроорганізмів, імовірних збудників, що спричиняють гнійно-запальні інфекції (2023 рік — 1471). Культури надходили згідно Додатку 3 до Порядку проведення посиленого епідеміологічного нагляду за протимікробною резистентністю мікроорганізмів, що спричиняють гнійно-запальні інфекції ран у постраждалих внаслідок бойових дій, затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 27 лютого 2023 року № 403, Додатку 2 до Порядку здійснення дозорного епідеміологічного нагляду за протимікробною резистентністю затвердженого наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19 серпня 2023 року № 1766 та наказу Міністерства охоро-

ни здоров'я України 24 травня 2013 року № 425 Методичні рекомендації «Методи виділення та ідентифікації сальмонел» [4–6].

Ідентифікація культур мікроорганізмів, які надходили на підтвердження до Центру, проводилася за допомогою мікробіологічних аналізаторів VITEK 2 Compact та MALDI Biotyper Sirius. Аналіз результатів проводили за допомогою комп'ютерної програми WHONET. Аналогічні дослідження були проведені в 2022–2023 роках.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Найбільша кількість культур від 130 до 220 надійшла зі стаціонарів міста Києва — 14,4%, Хмельницької — 13,9%, Львівської — 13,3%, Запорізької — 8,5% областей. Менше ніж 20 культур надіслали Херсонська, Миколаївська, Житомирська, Чернівецька, Полтавська та Сумська області (рис. 1).

Серед досліджених полірезистентних культур, як і в минулому році домінували грамнегативні мікроорганізми — 87,7%, грампозитивні — 12,3%.

За видовим складом культури мікроорганізмів розподілялися наступним чином: *Klebsiella pneumoniae* (*K. pneumoniae*) — 486 — 34,4% (2023 р. — 35,2%), *Acinetobacter baumannii* (*A. baumannii*) — 395 — 28,0% (2023 р. — 26,0%), *Pseudomonas aeruginosa* (*P. aeruginosa*) — 256 — 18,1% (2023 р. — 19,9%), *Escherichia coli* (*E. coli*) — 53 — 3,8% (2023 р. — 5,3%), *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) — 127 — 9,0% (2023 р. — 4,5%), *Enterococcus faecalis* (*E. faecalis*) — 13 — 0,9% (2023 р. — 0,6%), *Enterococcus faecium* (*E. faecium*) — 19 — 1,3% (2023 р. — 0,6%), інші — 63 — 4,5% (2023 р. — 1,8%).

За місцем локалізації культури були виділені: з ран — 1022 культури — 72,4% (2023 р. — 71,9%), з крові — 307 культур — 21,7% (2023 рік — 18,1%), зі спинномозкової рідини (далі — СМР) — 45 культур — 3,2% (2023 р. — 3,6%), з інших біологічних матеріалів — 38 культур — 2,7% (2023 рік — 6,4%) [7].

Вид мікроорганізмів, в залежності від місця виділення, представлений в табл. 1.

Найбільше з крові було виділено культур *K. pneumoniae* — 54,1% (2023 рік — 53,6%) та *A. baumannii* — 18,2% (2023 рік — 18,6%),

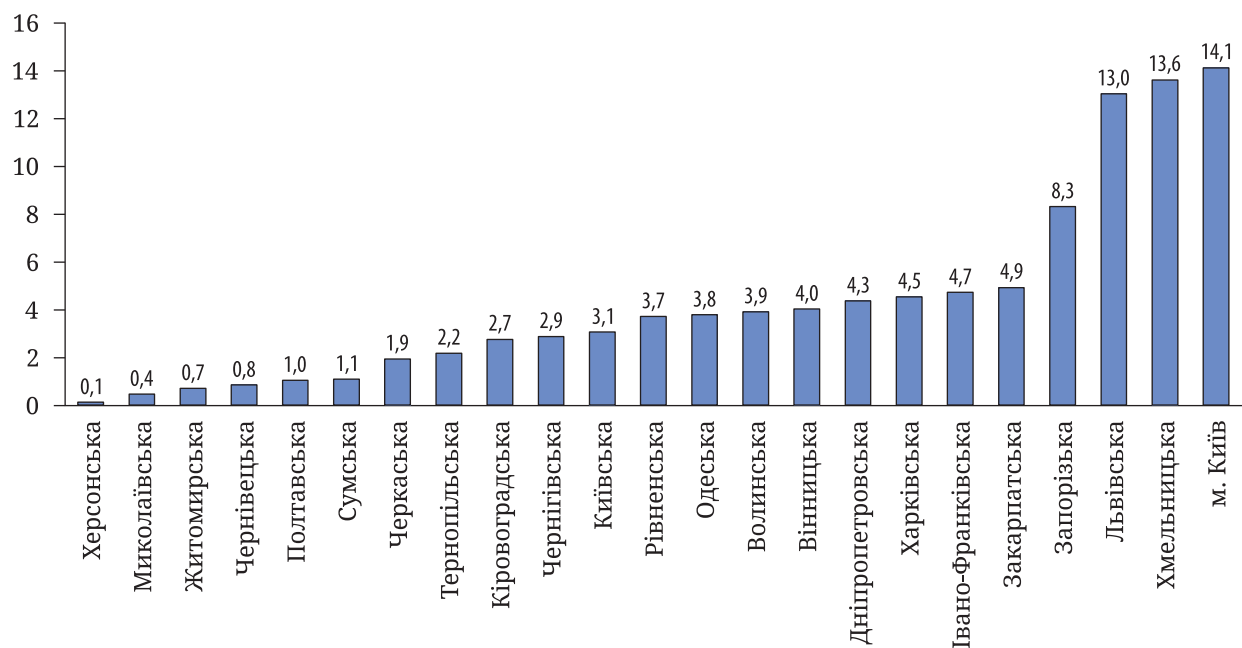


Рис. 1. Питома вага культур мікроорганізмів, що надійшли на дослідження з регіонів до ДУ «ЦГЗ МОЗ України» в 2024 році (%)

S. aureus — 7,8% (2023 рік — 0,4%), *E. faecium* — 2,0% (2023 рік — 0,8%), *E. coli* — 8,1% (2023 рік — 5,3%), *P. aeruginosa* — 6,5% (2023 рік — 9,6%).

Мікроорганізми, які виділені з ран — *A. baumannii* — 30,8% (2023 рік — 29,3%), *K. pneumoniae* — 28,6% (2023 рік — 30,6%), *P. aeruginosa* — 22,4% (2023 рік — 22,0%). Збільшилась кількість культур *S. aureus* — 8,9% (2023 рік — 6,0%), *E. faecium* — 1,1% (2023 рік — 0,4%), *E. faecalis* — 1,0% (2023 рік — 0,8%), зменшилась кількість *E. coli* — 2,3% (2023 рік — 3,6%).

Мікроорганізми, виділені з СМР — більше 40% культур були *K. pneumoniae* — 44,4% (2023 рік — 53,8%) та *A. baumannii* — 42,2% (2023 рік —

34,6%), в 2024 році були виділені також культури *S. aureus* — 4,4% (2023 рік — 0%) та *E. faecium* — 2,2% (2023 рік — 0%).

Мікроорганізми, виділені з інших матеріалів — культури *S. aureus* — 26,3% (2023 рік — 2,1%), *K. pneumoniae* — 21,1% (2023 рік — 24,5%), *P. aeruginosa* — 15,8% (2023 рік — 34,0%), *A. baumannii* — 13,2% (2023 рік — 5,3%), в більше ніж чотири рази зменшилась кількість надісланих культур *E. coli* — 5,3 (2023 рік — 24,5%).

Таким чином, аналіз попередніх досліджень показав, що за період 2014–2016 роки найчастіше зустрічались типи ПІНМД, які відносились до інфекцій області хірургічного втручання

Таблиця 1. Видовий спектр мікроорганізмів в залежності від виду біологічного матеріалу

№ з/п	Перелік мікроорганізмів	Кров		Рани		СМР		Інші біологічні матеріали		Всього	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
1	<i>A. baumannii</i>	56	18,2	315	30,8	19	42,2	5	13,2	395	28,0
2	<i>P. aeruginosa</i>	20	6,5	229	22,4	1	2,2	6	15,8	256	18,1
3	<i>K. pneumoniae</i>	166	54,1	292	28,6	20	4,4	8	21,1	486	34,4
4	<i>E. coli</i>	25	8,1	24	2,3	2	4,4	2	5,3	53	3,8
5	<i>S. aureus</i>	24	7,8	91	8,9	2	4,4	10	26,3	127	9,0
6	<i>E. faecalis</i>	3	1,0	10	1,0	0	—	0	—	13	0,9
7	<i>E. faecium</i>	6	2,0	11	1,1	1	2,2	1	2,6	19	1,3
8	Інші УПІМ	7	2,3	50	4,9	0	—	6	15,7	63	4,5
Всього		307	21,7	1022	72,4	45	3,2	38	2,7	1412	100

(60%), інфекцій дихальних шляхів (пневмонія та інфекції нижніх дихальних шляхів (18,4%), інфекцій кровотока (10,2%) та інфекцій сечовивідних шляхів (9,5%). Поширеними збудниками були *E. coli* (21,8%), *S. aureus* (18,4%), *Enterococcus* spp. (15,7%) та *P. aeruginosa* (12,4%).

У 2025 році в Україні проведено «Національне дослідження з визначення одномоментної розповсюдженості інфекційних хвороб, пов'язаних з наданням медичної допомоги, та використання антимікробних препаратів у закладах охорони здоров'я, що надають цілодобову стаціонарну допомогу». Продемонстровано, що загальна поширеність ІПНМД становила 2,22%. Водночас структура ІПНМД мала виражену особливість: майже половину випадків (48,2%) становили інфекції області хірургічного втручання, що визначає хірургічну допомогу як один із ключових напрямів для посилення заходів профілактики інфекцій та інфекційного контролю [8]. Однак, у зв'язку з військовими діями офіційних даних в Україні щодо кількості інфекційних ускладнень хірургічного лікування пацієнтів, постраждалих внаслідок бойових травм та поранень, немає. Поодинокі літературні дані свідчать про високу частоту захворюваності на післяопераційні інфекції [2, 3, 9]. Спектр мікроорганізмів дещо змінився як у відсотковому значенні, так і у видовому складі.

І хоч інфекції, які пов'язані з травмами та іншими лікарняними втручаннями, проявляються на початковому етапі лікування, особливо після бойових дій, тягар інфекційних ускладнень зберігається ще тривалий час [10].

ВИСНОВКИ

1. За результатами проведеного мікробіологічного аналізу визначена етіологічна структура збудників інфекцій, пов'язаних з наданням медичної допомоги в Україні за 2023–2024 роки. Виділені найбільш розповсюджені мікроорганізмами, які підлягають дозорному епідеміологічному нагляду за протимікробною резистентністю в Україні.

2. Найбільша кількість культур від 130 до 220 надійшла зі стаціонарів міста Києва 14,4%, Хмельницької 13,9%, Львівської 13,3%, Запорізької 8,5% областей. Менше ніж 20 культур надіслали Херсонська, Миколаївська, Житомирська, Чернівецька, Полтавська та Сумська області.

3. Серед досліджених культур у 2024 році, як і в 2023 році, домінували грамнегативні мікро-

організми — 87,7%, грампозитивні складали 12,3%.

4. За видовим складом культури мікроорганізмів були розподілені наступним чином: *K. pneumoniae* — 34,4%, *A. baumannii* — 28,0%, *P. aeruginosa* — 18,1%, *E. coli* — 3,8%, *S. aureus* — 9,0%, *E. faecalis* — 0,9%, *E. faecium* — 1,3%, інші — 4,5%.

5. За місцем локалізації в організмі людини культури були виділені: з ран — 72,4%, крові — 21,7%, спинномозкової рідини — 3,2%, інших біологічних матеріалів — 2,7%.

REFERENCES

1. European Centre for Disease Prevention and Control. Point prevalence survey of healthcare-associated infections and antimicrobial use in European acute care hospitals. Stockholm: ECDC; 2024.
2. **Salmanov AG, Shcheklov DV, Mamonova M, Shchekholkov YE, Litus VI, Burakov OV, Altman IV, Kovalenko OP, Kudelskyi YE, Svyrydiuk OE, Knyhin MV, Yatsyk VA, Bortnik IM, Serohina NO, Verbitskiy IV, Koichev EA, Brodskaya A.** Healthcare associated infections in patients with combat wounds and antimicrobial resistance of the responsible pathogens in Ukraine: results of a multicenter study (2022–2024). *Wiad Lek.* 2025;78(8):1624–34. doi: <https://doi.org/10.36740/WLek/209517>
3. **Shchekholkov YeE, Salmanov AG.** Infektsiini uskladnennia likuvannia boiovykh travm ta poranen [Infectious Complications of Treatment of Combat-Related Injuries and Wounds]. *Ukrainian Medical Journal.* 2026;1(175):77–80. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.32471/umj.1680-3051.272416>
4. Ministry of Health of Ukraine. Poriadok provedennia posylenoho epidemiolohichnoho nahliadu za protymikrobnou rezystentnistiu mikroorhanizmv, shcho sprychyniuiut hniino-zapalni infektsii ran u poranenykh vnaslidok boiovykh dii [Procedure for enhanced epidemiological surveillance of antimicrobial resistance of microorganisms causing purulent-inflammatory wound infections in combat casualties]. Order No. 403; 2023 Feb 27. Ukrainian.
5. Ministry of Health of Ukraine. Poriadok zdiisnennia dozornoho epidemiolohichnoho nahliadu za protymikrobnou rezystentnistiu [Procedure for sentinel epidemiological surveillance of antimicrobial resistance]. Order No. 1766; 2021 Aug 19. Ukrainian.
6. Ministry of Health of Ukraine. Metodychni rekomendatsii «Metody vydilennia ta identyfikatsii salmonel» [Guidelines: Methods for isolation and identification of Salmonella]. Order No. 425; 2013 May 24. Ukrainian.
7. **Rosada MO, Hlushkevych TH, Sboieva AM, Surmasheva OV, Molchanets OV.** Mikrobiolohichniy spektr zbudnykiv infektsii, poviazanykh z nadanniam medychnoi dopomohy, vydilynykh v Ukraini v 2022–2023 rr. [Microbiological spectrum of causative agents of healthcare-associated infections isolated in Ukraine in 2022–2023]. *Environment & Health.* 2024;(4):60–5. Ukrainian. doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2024.04.060>

8. Public Health Center of the Ministry of Health of Ukraine. Vyznachennia odnomomentnoi rozpoznavanosti infektsiinykh khvorob, poviazanykh z naddanniam medychnoi dopomohy, ta vykorystannia antymikrobnnykh preparativ u zakladakh okhorony zdorovia, shcho nadaiut tsilodobovu statsionarnu dopomohu v Ukraini [Point prevalence survey of healthcare-associated infections and antimicrobial use in hospitals providing inpatient care in Ukraine]. Kyiv: Public Health Center; 2025. Ukrainian. Available from: https://phc.org.ua/sites/default/files/users/user159/ORIPNMD_2025_zvit.pdf
9. **Salmanov A, Shcheglov D, Svyrydiuk O, Bortnik I, Mamonova M, Korniyenko S, Rud V, Artyomenko V, Gudym M, Maliarchuk R, Bondar T.** Epidemiology

of healthcare-associated infections and mechanisms of antimicrobial resistance of responsible pathogens in Ukraine: a multicentre study. *J Hosp Infect.* 2023 Jan;**131**:129–38.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2022.10.007>

10. **McDonald JR, Liang SY, Li P, Maalouf S, Murray CK, Weintrob AC, Schnaubelt ER, Kuhn J, Ganesan A, Bradley W, Tribble DR.** Infectious Disease Clinical Research Program Trauma Infectious Disease Outcomes Study Group. Infectious Complications After Deployment Trauma: Following Wounded US Military Personnel Into Veterans Affairs Care. *Clin Infect Dis.* 2018 Sep 28;67(8):1205–12.

doi: <https://doi.org/10.1093/cid/ciy280>

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконано в рамках науково-дослідної роботи «Визначення ефективних дезінфекційних засобів для знезараження води в надзвичайних умовах», що фінансується Національною академією медичних наук України, № державної реєстрації 0124U003000.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

При написанні статті генеративний штучний інтелект не використовувався.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

СУРМАСHEVA Олена: аналіз результатів досліджень, висновків.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7739-0295>
e-mail: surmasheva_elena@ukr.net

ГЛУШКЕВИЧ Тетяна: концептуалізація.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6417-8366>

СБОЄВА Анжела: дослідження, програмне забезпечення.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5920-5401>

РОСАДА Михайло: концептуалізація, рецензування.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2754-0715>

МОЛЧАНЕЦЬ Оксана: вступ та обговорення.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9306-2777>

ПОЛЬКА Олена: візуалізація.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7987-8355>

SOURCES OF FUNDING

This study was conducted as part of the research project «Identification of effective disinfectants for water decontamination in emergency conditions», funded by the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, state registration number 0124U003000.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there are no conflicts of interest.

APPLICATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Generative artificial intelligence was not used in the writing of this article.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

SURMASHEVA Olena: analysis of research results and conclusions.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7739-0295>
e-mail: surmasheva_elena@ukr.net

GLUSHKEVYCH Tetiana: conceptualisation.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-6417-8366>

SBOIEVA Anzhela: research, software.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5920-5401>

ROSADA Mykhailo: conceptualisation, peer review.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2754-0715>

MOLCHANETS Oksana: introduction and discussion.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9306-2777>

POLKA Olena: visualisation.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7987-8355>

Отримано: 07.05.2026

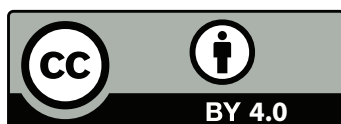
Прийнято до друку: 01.07.2026

Опубліковано: 15.07.2026

Received: 07.05.2026

Accepted: 01.07.2026

Published: 15.07.2026



ВАЛІДАЦІЯ МЕТОДУ LC-MS/MS ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ 25-ГІДРОКСИВІТАМІНУ D У СИРОВАТЦІ КРОВІ ДІТЕЙ ЗА СТАНДАРТАМИ VDSP

Бабієнко В.В.
Рожнова А.М.

Одеський національний
медичний університет,
м. Одеса, Україна

- **МЕТА.** Верифікація методу LC-MS/MS для визначення 25(OH)D у сироватці крові дітей відповідно до вимог VDSP та порівняння його з методом ECLIA для обґрунтування застосування в гігієнічному моніторингу.
- **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ.** Дослідження базувалося на ретроспективній лабораторній базі (понад 70 000 аналізів, 2022–2025 роки) та проспективній репрезентативній вибірці дітей 3–17 років ($n=562$; 289 хлопчиків, 273 дівчинки) Південного регіону України (2023–2025 роки). Верифікацію LC-MS/MS проводили за чотирма рівнями NIST SRM 972a та критеріями VDSP. Порівняння з ECLIA (Roche Cobas) виконано в підвибірці ($n=120$) з використанням кореляційного аналізу, регресії Passing-Bablok, Bland-Altman та ICC.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Метод LC-MS/MS показав високу прецизійність (загальний CV $\leq 7,3\%$) та правильність (bias від $-2,0\%$ до $-0,8\%$), повністю відповідаючи вимогам VDSP. Участь у DEQAS підтвердила стабільність результатів протягом 2022–2025 років. Порівняння з ECLIA виявило високу кореляцію ($r=0,97$; $p<0,001$), але систематичне завищення результатів імуноаналізу ($+6,5$ нмоль/л; 95% LoA: $-6,4$ до $+19,4$ нмоль/л). У дитячій вибірці недостатність 25(OH)D (<50 нмоль/л) становила 71,9%, дефіцит (<30 нмоль/л) — 25,3%, з достовірним погіршенням показників з віком ($p<0,001$).
- **ВИСНОВКИ.** Метод LC-MS/MS верифіковано за вимогами VDSP/DEQAS і рекомендовано як референтний для гігієнічного моніторингу вітаміну D-статусу дітей в Україні. ECLIA систематично завищує рівень 25(OH)D, що слід враховувати в клінічній практиці.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** 25-гідроксивітамін D, LC-MS/MS, VDSP, ECLIA, гігієнічний моніторинг.

VALIDATION OF THE LC-MS/MS METHOD FOR 25-HYDROXYVITAMIN D DETERMINATION IN CHILDREN'S SERUM ACCORDING TO VDSP STANDARDS

Babiyenko V.V.
Rozhnova A.M.

Odesa National
Medical University,
Odesa, Ukraine

- **AIM.** To verify the LC-MS/MS method for 25-hydroxyvitamin D (25(OH)D) determination in children's serum according to VDSP requirements, evaluate its analytical performance, and compare it with ECLIA to substantiate its use in hygienic monitoring of pediatric vitamin D status.
- **MATERIALS AND METHODS.** The study was based on a retrospective laboratory database ($>70,000$ analyses, 2022–2025) and a prospective representative sample of children aged 3–17 years ($n=562$; 289 boys, 273 girls) from Southern Ukraine (2023–2025). LC-MS/MS verification was performed using four levels of NIST SRM 972a according to VDSP criteria. Comparison with ECLIA (Roche Cobas) was carried out in a subsample ($n=120$) using Pearson correlation, Passing-Bablok regression, Bland-Altman analysis, and ICC.
- **RESULTS.** The LC-MS/MS method demonstrated high precision (total CV $\leq 7.3\%$) and trueness (bias from -2.0% to -0.8%), fully meeting VDSP requirements. Participation in DEQAS confirmed result stability during 2022–2025. Comparison with ECLIA showed strong correlation ($r=0.97$; $p<0.001$) but systematic overestimation by the immunoassay ($+6.5$ nmol/L; 95% LoA: -6.4 to $+19.4$ nmol/L). In the pediatric sample, 25(OH)D insufficiency (<50 nmol/L) was found in 71.9% and deficiency (<30 nmol/L) in 25.3% of children, with a significant age-related decline ($p<0.001$).
- **CONCLUSIONS.** The LC-MS/MS method was verified according to VDSP/DEQAS standards and is recommended as the reference method for hygienic monitoring of vitamin D status in Ukrainian children. ECLIA systematically overestimates 25(OH)D levels, requiring adjustment in clinical practice.
- **KEYWORDS:** 25-hydroxyvitamin D, LC-MS/MS, VDSP, ECLIA, hygienic monitoring.

ВСТУП

Вітамін D є плейотропним прогормоном, який через рецептор VDR регулює експресію сотень генів, забезпечуючи нормальний розвиток кісткової тканини, формування імунної

системи, нейром'язову функцію та метаболічне здоров'я дитини [1, 11]. Тривалий дефіцит 25-гідроксивітаміну D (25(OH)D) у дитячому віці асоціюється зі зниженням мінеральної щільності кісток, підвищеним ризиком респі-

раторних інфекцій, алергічних захворювань та порушенням імунної відповіді [1]. В Україні, за даними багатоцентрового крос-секційного дослідження, поширеність дефіциту та недостатності вітаміну D у дітей 1–17 років становить 23,5% [2].

Надійна лабораторна оцінка статусу вітаміну D є обов'язковою передумовою побудови ефективної системи гігієнічного моніторингу популяційного здоров'я дітей. Без метрологічно простежуваних результатів неможливо об'єктивно оцінювати реальну поширеність дефіциту, відстежувати сезонну та вікову динаміку, а також обґрунтовувати цільові профілактичні програми на регіональному рівні [2, 3]. Центральним біомаркером слугує концентрація 25(OH)D у сироватці крові — найбільш стабільний метаболіт, що відображає сумарне надходження вітаміну D з їжею та під впливом ультрафіолетового опромінення [1, 3].

Аналітичне визначення 25(OH)D є технічно складним завданням.

Імунохімічні методи (зокрема електрохемілюмінесцентний імуноаналіз — ECLIA), які широко використовуються в рутинній практиці, часто демонструють варіабельність між платформами та систематичні відхилення від референтних значень, особливо в педіатричній популяції через наявність епімерних форм метаболіту [5, 6, 8, 9]. Саме тому міжнародна спільнота визнала метод рідинної хроматографії з тандемною мас-спектрометрією (LC-MS/MS) референтним підходом для визначення вітаміну D, оскільки він дозволяє розділяти 25(OH)D₂, 25(OH)D₃ та 3-ері-25(OH)D₃ [4, 7, 8].

Програма стандартизації вітаміну D (Vitamin D Standardization Program, VDSP) та схема зовнішньої оцінки якості DEQAS встановили чіткі критерії прецизійності (CV ≤10%), правильності (bias ≤±5%) та метрологічної простежуваності результатів [3,7,10]. В Україні верифіковані за цими вимогами LC-MS/MS-методики впроваджені обмежено. Це ускладнює створення єдиної порівнюваної системи гігієнічного моніторингу вітаміну D-статусу дитячого населення.

Метою дослідження була верифікація методу LC-MS/MS для визначення 25(OH)D у сироватці крові дітей відповідно до вимог VDSP та порівняння його з методом ECLIA для обґрунтування застосування в гігієнічному моніторингу.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дизайн дослідження та характеристика вибірки. Дослідження мало комбінований ретроспективно-проспективний дизайн і проводилося на базі клінічної лабораторії Одеського національного медичного університету. За період 2022–2025 років у лабораторії накопичено понад 70 000 результатів визначення 25-гідроксивітаміну D методом LC-MS/MS. На основі накопиченого досвіду роботи з базою даних ми сформували проспективну вибірку, яка включала 562 дитини віком 3–17 років (289 хлопчиків і 273 дівчинки), обстежених у Південному регіоні України у 2023–2025 роках.

Віковий склад вибірки: 3–6 років — 158 (28,1%), 7–10 років — 140 (24,9%), 11–14 років — 152 (27,0%) та 15–17 років — 112 (19,9%). Обсяг вибірки розраховували в програмі G*Power 3.1 з урахуванням очікуваного коефіцієнта кореляції 0,20–0,30, рівня значущості $\alpha=0,05$ та статистичної потужності 80–85%. Критерії включення: вік 3–17 років, відсутність гострих захворювань протягом 4 тижнів до взяття крові та відсутність прийому препаратів вітаміну D у дозі понад 1000 МО/добу. Дослідження проводили відповідно до принципів Гельсінської декларації (2013), після отримання письмової інформованої згоди законних представників дітей.

Методика визначення 25(OH)D методом LC-MS/MS. Визначення виконували за допомогою рідинної хроматографії в поєднанні з тандемною мас-спектрометрією (LC-MS/MS). Метод LC-MS/MS є референтним підходом для визначення 25(OH)D, здатним розділяти 25(OH)D₂, 25(OH)D₃ та 3-ері-25(OH)D₃ [4, 7, 8]. Пробопідготовка включала депротейнізацію 100 мкл сироватки ацетонітрилом з додаванням дейтерованого внутрішнього стандарту 25(OH)D₃-d₆, центрифугування, твердофазну екстракцію на картриджах C18/PFP та елюцію метанолом. Хроматографічне розділення 25(OH)D₂, 25(OH)D₃ та 3-ері-25(OH)D₃ проводили на оберненофазній колонці. Детекцію здійснювали в режимі моніторингу множинних реакцій (MRM). Час аналізу одного зразка становив 5–7 хвилин. Калібрувальна крива в діапазоні 10–400 нмоль/л демонструвала відмінну лінійність ($r^2 \geq 0,999$) [10].

Аналітична верифікація методу. Верифікацію методу проводили відповідно до вимог Vitamin D Standardization Program (VDSP) та рекомендацій CLSI EP15-A3 [3, 10, 12] з використанням чотирьох рівнів сертифікованого стандартного матеріалу NIST SRM 972a.

Метод показав високу прецизійність: загальний коефіцієнт варіації (CV) не перевищував 7,3% у всьому діапазоні концентрацій. Систематичне зміщення (bias) відносно атестованих значень NIST становило від -2,0% до -0,8%. Відтворюваність (recovery) після додавання відомих кількостей стандарту коливалася в межах 96,8–102,4%. Матричний ефект був незначним (92–108%). Межа кількісного визначення (LLOQ) становила 5 нмоль/л, верхня межа (ULOQ) — 400 нмоль/л. Зразки сироватки зберігалися стабільно при 4°C протягом 7 днів, при -20°C — до 6 місяців, а підготовлені екстракти — щонайменше 48 годин в автосемплері. Ефект переносу (carry-over) був практично відсутній (<0,1%). Усі аналітичні характеристики повністю відповідали критеріям VDSP (загальний CV ≤10%, bias ≤±5%) [3, 7, 10].

Зовнішній контроль якості. Протягом усього періоду дослідження (2022–2025 роки) лабораторія регулярно брала участь у міжнародній програмі зовнішньої оцінки якості DEQAS [4]. Усі результати щоквартальних циклів укладалися в допустимий діапазон Allowable Bias (±15% від ALTM), що підтверджує стабільність методу в реальних умовах роботи.

Порівняльне вивчення LC-MS/MS та ECLIA. У підвибірці з 120 дітей (концентрації 25(OH)D у діапазоні 10–150 нмоль/л) проводили паралельне визначення показника двома методами: LC-MS/MS та електрохемілюмінесцентним імуноаналізом (ECLIA, Elecsys Vitamin D Total, Roche Cobas). Узгодженість методів оцінювали за допомогою кореляційного аналізу Пірсона та Спірмена, регресійного аналізу за Passing–Bablok, графіка Bland–Altman та розрахунку внутрішньокласового коефіцієнта кореляції (ICC) [5, 9].

Класифікація статусу вітаміну D. Рівень 25(OH)D класифікували згідно з рекомендаціями ESPE (2022) та міжнародним консенсусом [1]:

- дефіцит — <30 нмоль/л;
- недостатність — 30–50 нмоль/л;

- субоптимальний рівень — 50–75 нмоль/л;
- оптимальний рівень — >75 нмоль/л.

Статистичний аналіз. Обробку даних виконували в програмах IBM SPSS Statistics 29.0 та R 4.4.1. Кількісні показники представляли у вигляді $M \pm SD$ або $Me [Q1; Q3]$. Нормальність розподілу перевіряли за допомогою критерію Шапіро-Уїлка. Для порівняння груп використовували параметричні та непараметричні методи залежно від типу даних. Різницю вважали статистично значущою при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ

У ході дослідження було отримано дані про аналітичну надійність методу LC-MS/MS, особливості вітамін D-статусу в дитячій популяції Південного регіону України та ступінь узгодженості між LC-MS/MS і рутинним методом ECLIA. Результати представлено нижче за основними блоками.

1. Аналітичні характеристики методу LC-MS/MS (верифікація за VDSP). Верифікацію методу проводили з використанням чотирьох рівнів сертифікованого стандартного матеріалу NIST SRM 972a. Отримані результати наведено в табл. 1.

Метод LC-MS/MS продемонстрував відмінну прецизійність і правильність у всьому діапазоні клінічно значущих концентрацій. Загальний коефіцієнт варіації не перевищував 7,3%, а систематичне зміщення залишалося в межах від -2,0% до -0,8%. Ці показники не лише повністю відповідають жорстким критеріям VDSP [3, 7, 10], але й співставні з результатами міжнародних міжлабораторних порівнянь, де якісні LC-MS/MS-методи зазвичай показують CV <8% і bias у межах ±3% [4]. Найвища варіабельність на найнижчому рівні (близько 20 нмоль/л) є очікуваною і особливо важливою для педіатричної практики, оскільки саме низькі концентрації визначають своєчасне виявлення дефіциту в дітей [8].

Таблиця 1. Аналітичні характеристики методу LC-MS/MS при верифікації за NIST SRM 972a (VDSP)

Рівень SRM	Атест. значення (нмоль/л)	Отримане значення $M \pm SD$	Зміщення (bias, %)	CV внутрішньосерійний (%)	CV міжсерійний (%)	CV загальний (%)
Рівень 1	20,2	19,8±1,1	-2,0	4,2	6,1	7,3
Рівень 2	40,5	40,1±1,8	-1,0	3,8	5,7	6,9
Рівень 3	91,3	90,6±3,4	-0,8	2,9	4,8	5,6
Рівень 4	172,6	170,2±7,1	-1,4	2,6	4,2	4,9

Примітка: вимоги VDSP — CV загальний ≤10%, зміщення ≤±5%.

2. Рівень 25(OH)D та вітамін D-статус у дітей за віковими групами. У проспективній вибірці з 562 дітей середній рівень 25(OH)D становив $41,2 \pm 19,1$ нмоль/л. Недостатність 25(OH)D (<50 нмоль/л) виявлено у 71,9% дітей, а дефіцит (<30 нмоль/л) — у 25,3%. Отримані дані підтверджують, що проблема недостатньої забезпеченості вітаміном D у дітей Південного регіону України є значно більш поширеною, ніж загальнонаціональні показники 23,5% [2].

Спостерігалася статистично значуща вікова тенденція до зниження рівня 25(OH)D ($p < 0,001$ за ANOVA). Найвищий середній рівень зареєстровано в молодшій групі (3–6 років) — $46,0 \pm 20,0$ нмоль/л, найнижчий — у підлітків 15–17 років ($37,9 \pm 17,9$ нмоль/л). Детальний розподіл наведено в табл. 2.

Отримана вікова градієнтність добре узгоджується з даними міжнародних досліджень [1] і, ймовірно, пов'язана зі зменшенням часу перебування на сонці, змінами харчування та зростанням потреби в вітаміні D у період пубертату. Особливу стурбованість викликає той факт, що в групі 15–17 років частка дефіциту майже вдвічі вища, ніж у дошкільнят, що обґрунтовує доцільність цілеспрямованих профілактичних втручань у підлітковій групі.

3. Порівняльний аналіз LC-MS/MS та ECLIA. Паралельне визначення 25(OH)D двома методами у підвибірці ($n=120$) виявило високий ступінь кореляції між LC-MS/MS та ECLIA ($r=0,97$; $p < 0,001$). Це означає, що обидва методи загалом однаково відображають напрям зміни концентрації 25(OH)D, однак висока кореляція не є достатнім критерієм взаємозамінності методів. Саме тому додатково було виконано аналіз систематичного відхилення.

Рівняння лінійної регресії мало вигляд: $ECLIA = 1,07 \times LC-MS/MS + 1,15$, що вказує на пропорційне завищення результатів ECLIA відносно LC-MS/MS. Зі зростанням концентрації 25(OH)D різниця між методами також збільшувалася.

Це особливо важливо для клінічної інтерпретації, оскільки при вищих значеннях 25(OH)D ECLIA може систематично зміщувати пацієнта в іншу категорію забезпеченості. Scatter plot із лінією регресії та лінією ідентичності, представлений на рис. 1, візуально підтверджує цю закономірність.

Аналіз за методом Bland–Altman показав наявність систематичного позитивного зміщення ECLIA відносно LC-MS/MS: середня різниця становила $+6,5$ нмоль/л (95% межі узгодженості: від $-6,4$ до $+19,4$ нмоль/л). Це означає, що в середньому імунохімічний метод давав вищі значення, ніж LC-MS/MS, а межі узгодженості були достатньо широкими, щоб мати клінічне значення. Зміщення було стабільним у всьому концентраційному діапазоні, без ознак гетероскедастичності, тобто відхилення не залежало від рівня 25(OH)D. Відповідний графік на рис. 2 демонструє, що різниця між методами має переважно системний характер.

Результати узгоджуються з даними попередніх порівняльних досліджень [5, 6, 9], у яких імунохімічні методи систематично завищували рівень 25(OH)D на 5–10 нмоль/л порівняно з LC-MS/MS, особливо в педіатричних вибірках. Таке відхилення може призводити до недооцінки реальної поширеності дефіциту при використанні лише ECLIA і підкреслює важливість застосування референтного методу для популяційного моніторингу [3, 4].

Таким чином, результати дослідження підтверджують високу аналітичну надійність методу LC-MS/MS, верифікованого за стандартами VDSP/DEQAS, та його перевагу над рутинним методом ECLIA. Водночас отримані епідеміологічні дані свідчать про критично низький рівень забезпеченості вітаміном D у дітей Південного регіону України із вираженою віковою градієнтністю.

Отримані результати формують метрологічну основу для впровадження стандартизо-

Таблиця 2. Рівень 25(OH)D та розподіл вітамін D-статусу у дітей 3–17 років ($n=562$)

Вікова група	n	25(OH)D, M $\pm$ SD (нмоль/л)	Дефіцит (<30 нмоль/л), %	Недостатність (30–50 нмоль/л), %	Оптимум (>50 нмоль/л), %
3–6 років	158	$46,0 \pm 20,0$	16,5	42,4	41,1
7–10 років	140	$40,8 \pm 18,0$	23,6	49,3	27,1
11–14 років	152	$39,2 \pm 18,4$	28,3	49,3	22,4
15–17 років	112	$37,9 \pm 17,9$	33,0	48,2	18,8
Загалом	562	$41,2 \pm 19,1$	25,3	46,6	28,1

Примітка: $p < 0,001$ за критерієм ANOVA для порівняння між віковими групами.

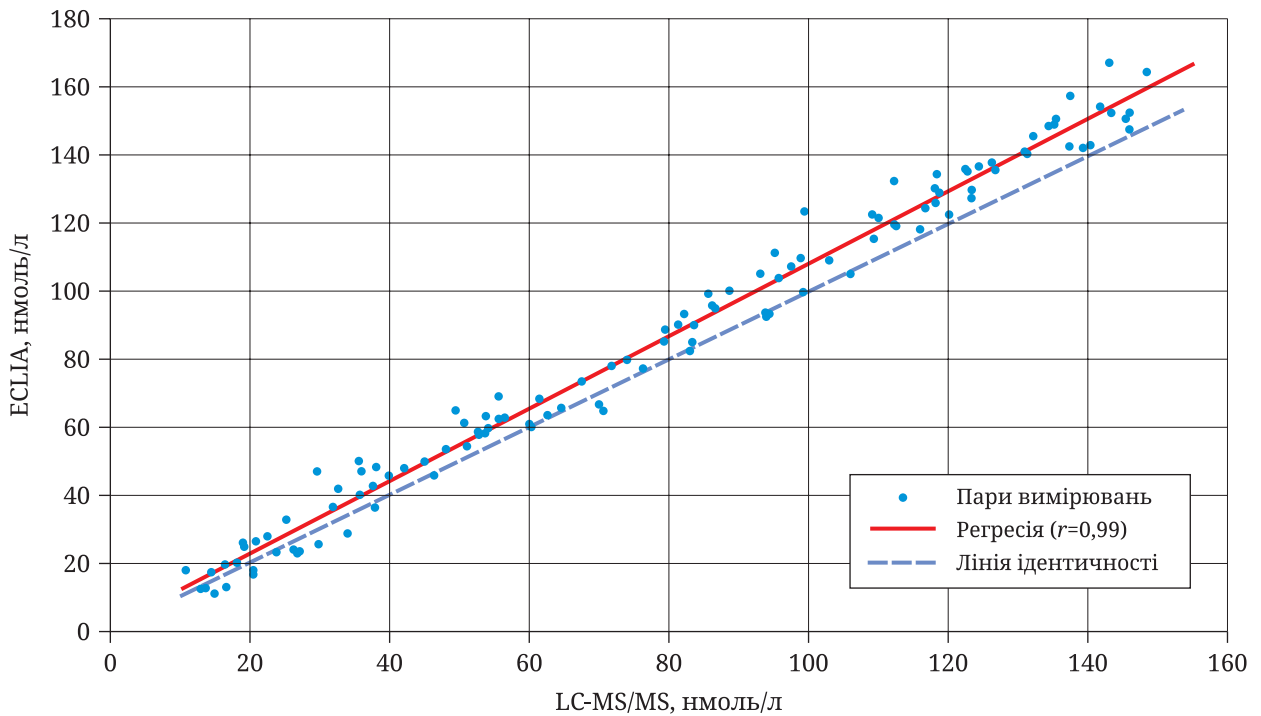


Рис. 1. Лінійна регресія між значеннями 25(OH)D, визначеними методами LC-MS/MS та ECLIA

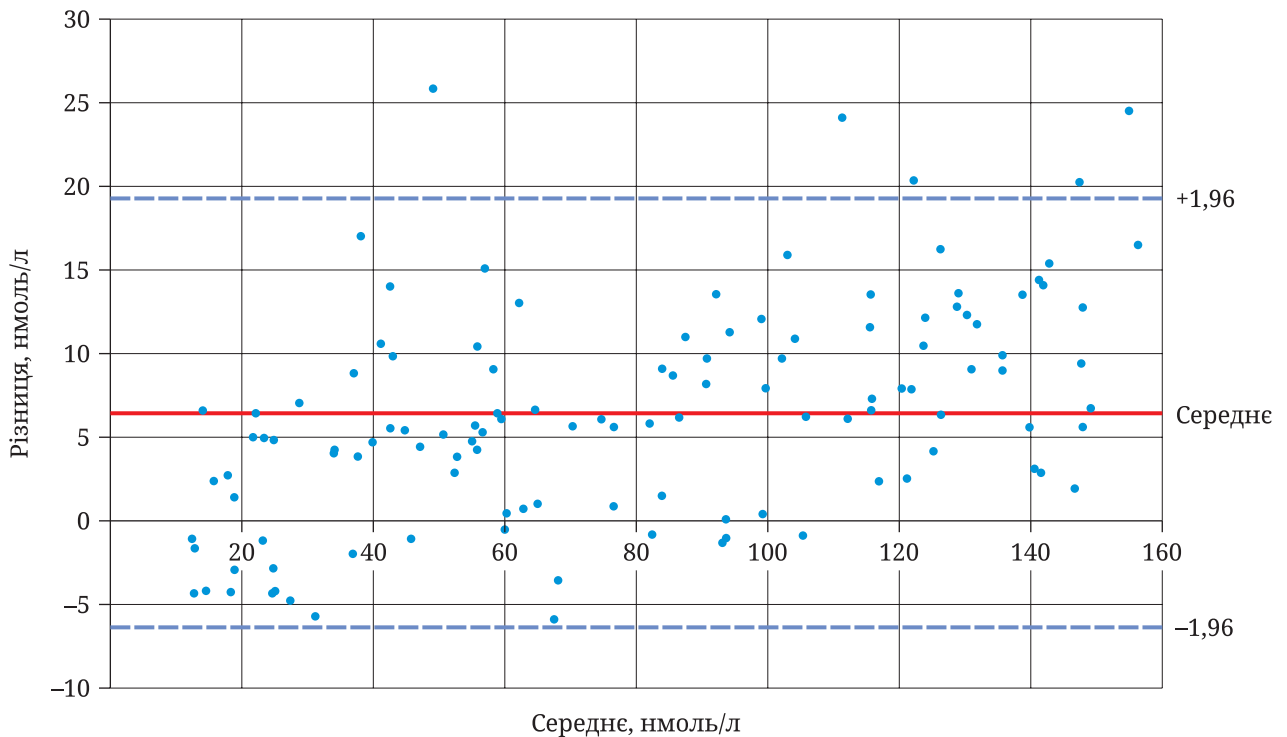


Рис. 2. Графік Bland–Altman для порівняння результатів LC-MS/MS та ECLIA

ваного популяційного моніторингу 25(OH)D у педіатричній практиці. Застосування референтного методу забезпечує порівнюваність і простежуваність даних, необхідних для обґрунтування та оцінки ефективності регіональних профілактичних програм.

Дослідження має кілька обмежень. *По-перше*, вибірка охоплює лише дітей однієї країни/регіону, що може обмежувати екстраполяцію результатів на інші популяції з відмінними географічними та поведінковими факторами. *По-друге*, не враховувалися сезонні коливання

рівня 25(OH)D та індивідуальні особливості споживання добавок вітаміну D, які можуть впливати на концентрації. По-третє, порівняння методів обмежене одним імунохемілюмінесцентним аналізатором, тому отримані дані щодо систематичного зміщення не обов'язково повністю узагальнюються на всі платформи ECLIA.

ВИСНОВКИ

Верифіковано метод LC-MS/MS для визначення 25(OH)D у сироватці крові дітей відповідно до вимог міжнародних стандартів і підтверджено його перевагу над імунохімічним методом. Отримані результати свідчать про високу поширеність дефіциту та недостатності вітаміну D у дітей Південного регіону України та обґрунтовують необхідність застосування референтного методу для гігієнічного моніторингу.

1. Метод LC-MS/MS верифіковано відповідно до вимог VDSP із використанням NIST SRM 972a: CV≤7,3%, систематичне зміщення від -2,0% до -0,8%; стабільність підтверджена участю в програмі DEQAS (2022–2025). Метод рекомендовано як референтний для лабораторної діагностики та гігієнічного моніторингу вітаміну D-статусу у дітей.

2. У дитячій популяції Південного регіону України (n=562, вік 3–17 років) встановлено високу поширеність недостатності вітаміну D: рівень 25(OH)D <50 нмоль/л зафіксовано у 71,9% випадків, дефіцит <30 нмоль/л — у 25,3%. Забезпеченість достовірно знижувалася з віком (p<0,001), найвищий ризик відзначено у підлітків 15–17 років.

3. Метод ECLIA характеризується систематичним завищенням результатів відносно LC-MS/MS на +6,5 нмоль/л (95% LoA: -6,4 до +19,4 нмоль/л) при високій кореляції між методами (r=0,97), що обмежує їхню взаємозамінність без застосування коригувальних коефіцієнтів.

4. Верифікований метод LC-MS/MS формує метрологічну основу для регіонального та національного моніторингу вітаміну D-статусу дітей і може бути використаний для об'єктивної оцінки ефективності профілактичних програм на рівні системи охорони здоров'я.

REFERENCES

1. Munns CF, Shaw N, Kiely M, Specker BL, Thacher TD, Ozono K, et al. Global Consensus Recommendations on Prevention and Management of Nutritional Rickets. *J Clin Endocrinol Metab*. 2016 Feb;101(2):394–415.

- doi: <https://doi.org/10.1210/jc.2015-2175>
2. Shatylo S, Bogomaz V, Babych O. Vitamin D deficiency in Ukraine: A multicentre cross-sectional study. *Glob Epidemiol*. 2024 Oct 10;8:100170. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloepi.2024.100170>
3. Sempos CT, Vesper HW, Phinney KW, Thienpont LM, Coates PM. Vitamin D Standardization Program (VDSP). Vitamin D status as an international issue: national surveys and the problem of standardization. *Scand J Clin Lab Invest Suppl*. 2012;243:32–40. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22536760/>
4. Wise SA, Camara JE, Burdette CQ, Hahm G, Nalin F, Kuszak AJ, et al. Interlaboratory comparison of 25-hydroxyvitamin D assays: Vitamin D Standardization Program (VDSP) Intercomparison Study 2 — Part 1 liquid chromatography — tandem mass spectrometry (LC-MS/MS) assays — impact of 3-epi-25-hydroxyvitamin D₃ on assay performance. *Anal Bioanal Chem*. 2022 Jan;414(1):333–49. doi: <https://doi.org/10.1007/s00216-021-03576-1>
5. Wise SA, Camara JE, Burdette CQ, Hahm G, Nalin F, Kuszak AJ, et al. Interlaboratory comparison of 25-hydroxyvitamin D assays: Vitamin D Standardization Program (VDSP) Intercomparison Study 2 — Part 2 ligand binding assays — impact of 25-hydroxyvitamin D₂ and 24R,25-dihydroxyvitamin D₃ on assay performance. *Anal Bioanal Chem*. 2022 Jan;414(1):351–366. doi: <https://doi.org/10.1007/s00216-021-03577-0>
6. Cho SE, Han J, Chun G, Choi R, Lee SG, Park HD. Assessment of Serum 3-Epi-25-Hydroxyvitamin D₃, 25-Hydroxyvitamin D₃ and 25-Hydroxyvitamin D₂ in the Korean Population With UPLC-MS/MS. *J Clin Lab Anal*. 2025 Oct;39(19):e70098. doi: <https://doi.org/10.1002/jcla.70098>
7. Binkley N, Sempos CT. Vitamin D Standardization Program (VDSP). Standardizing vitamin D assays: the way forward. *J Bone Miner Res*. 2014 Aug;29(8):1709–14. doi: <https://doi.org/10.1002/jbmr.2252>
8. Wang J, Li X, Gan Y, Fan T, Yang J, Rao F, Yang J. Comparison of the Serum Total 25-Hydroxyvitamin D Concentrations Using Chemiluminescent Immunoassay and Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry in Children. *J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo)*. 2022;68(3):181–8. doi: <https://doi.org/10.3177/jnsv.68.181>
9. Xing Y, Wang K, Ma X, Zhang H, Tian X. Correlation and consistency between two detection methods for serum 25 hydroxyvitamin D levels in human venous blood and capillary blood. *Front Nutr*. 2024 Jun 11;11:1291799. doi: <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1291799>
10. Durazo-Arvizu RA, Tian L, Brooks SPJ, Sarafin K, Cashman KD, Kiely M, et al. The Vitamin D Standardization Program (VDSP) Manual for Retrospective Laboratory Standardization of Serum 25-Hydroxyvitamin D Data. *J AOAC Int*. 2017 Sep 1;100(5):1234–43. doi: <https://doi.org/10.5740/jaoacint.17-0196>
11. Rozhnova AM. Suchasni pidkhody do profilaktyky defitsytu vitaminu D u ditei u konteksti diiety ta rivnia insoliatsii: ohliad literatury [Modern approaches to the prevention of vitamin D deficiency in children

in the context of diet and insolation level: a literature review]. *Prospects and Innovations in Science*. 2024;**10**(44):1443-57. Ukrainian. doi: [https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-10\(44\)-1443-1457](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-10(44)-1443-1457)

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконано в межах бюджетної науково-дослідної роботи дисертаційного дослідження.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

При написанні статті генеративний штучний інтелект не використовувався.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

БАБІЄНКО Володимир: концептуалізація дослідження, методологія, наукове керівництво, рецензування та редагування рукопису.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4597-9908>

РОЖНОВА Анастасія: виконання дослідження, збирання та опрацювання даних, формальний аналіз, візуалізація, написання первинного варіанту рукопису.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7718-6171>

e-mail: dunnasta@ukr.net

Отримано: 08.06.2026

Прийнято до друку: 01.07.2026

Опубліковано: 15.07.2026

12. Clinical and Laboratory Standards Institute. EP15-A3: user verification of precision and estimation of bias: approved guideline. 3rd ed. Wayne, PA: CLSI; 2014.

SOURCES OF FUNDING

The study was conducted within the framework of the budget-funded research project of the dissertation study.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

APPLICATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Generative artificial intelligence technologies were not used in the preparation of this manuscript.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

BABIENKO Volodymyr: study conceptualization, methodology, scientific supervision, manuscript review and editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4597-9908>

ROZHNOVA Anastasiia: conducting the study, data collection and processing, formal analysis, visualization, writing of the original draft of the manuscript.

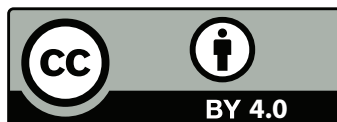
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7718-6171>

e-mail: dunnasta@ukr.net

Received: 08.06.2026

Accepted: 01.07.2026

Published: 15.07.2026



**ВПЛИВ ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ (ВЕС)
З ВІТРОТУРБІНАМИ WTU 5,2-140 НА АКУСТИЧНИЙ СТАН
НАЙБЛИЖЧИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ**

Семашко П.В.
Думанський В.Ю.
Галак С.С.
Безверха А.П.
Гоц О.В.
Сердюк Є.А.

Державна установа
«Інститут громадського
здоров'я ім. О.М. Марзеєва
Національної академії
медичних наук України»,
м. Київ, Україна

- **МЕТА.** Оцінити акустичний вплив вітрової електростанції з вітротурбінами WTU 5,2-140 на прилеглі сільбищні території та обґрунтувати мінімальний санітарний розрив між вітровими енергетичними установками і житловою забудовою.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Проведено натурні акустичні вимірювання та розрахунки рівнів звукового тиску і звукової потужності вітрової турбіни WTU 5,2-140. Дослідження виконували відповідно до вимог ДСТУ EN 61400-11:2022, ISO 1996-1:2016, ISO 1996-2:2017 та ISO 9613-2:2024. Гігієнічну оцінку результатів здійснювали згідно з ДСН № 463-2019. Визначали відстані від ВЕУ до найближчих населених пунктів, проводили аналіз октавних спектрів шуму, оцінювали невизначеність вимірювань та здійснювали прогнозування рівнів шуму на сільбищних територіях.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Встановлено, що середній рівень звуку вітрової турбіни WTU 5,2-140 при швидкості вітру 10 м/с становить 57,5 дБА, а рівень звукової потужності — 111,5±2 дБА. При відстані 913 м від ВЕУ до найближчої житлової забудови прогнозовані та фактичні рівні шуму перевищували допустимі нормативи для нічного часу доби в октавних смугах 250–1000 Гц; перевищення рівня звуку становило до 0,5 дБА. У населених пунктах, розташованих на відстанях понад 1000 м, рівні шуму переважно відповідали вимогам ДСН № 463-2019. Порівняння результатів математичного моделювання за ISO 9613-2:2024 з натурними вимірюваннями підтвердило достовірність прогнозової моделі для оцінки акустичного впливу ВЕС.
- **ВИСНОВКИ.** Встановлено, що для забезпечення нормативних рівнів шуму при експлуатації вітрових турбін WTU 5,2-140 необхідний санітарний розрив повинен бути не менше 1250 м від центру ротора ВЕУ до найближчої житлової забудови. Отримані результати можуть бути використані для удосконалення санітарно-гігієнічних вимог до проектування та експлуатації сучасних ВЕС великої потужності в Україні.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** шумове забруднення, вітрова енергетика, акустика, моніторинг довкілля, вплив факторів довкілля.

**IMPACT OF A WIND POWER PLANT (WPP)
WITH WTU 5.2-140 WIND TURBINES ON THE ACOUSTIC
ENVIRONMENT OF THE NEAREST RESIDENTIAL AREAS**

Semashko P.V.
Dumanskyi V.Yu.
Halak S.S.
Bezverkha A.P.
Hots O.V.
Serdiuk Ye.A.

State Institution
«Marzieiev Institute
for Public Health
of the National Academy
of Medical Sciences
of Ukraine»,
Kyiv, Ukraine

- **AIM.** To assess the acoustic impact of a wind power plant equipped with WTU 5.2-140 wind turbines on adjacent residential areas and to substantiate the minimum sanitary setback distance between wind energy installations and residential development.
- **MATERIALS AND METHODS.** Field acoustic measurements and calculations of sound pressure and sound power levels of the WTU 5.2-140 wind turbine were performed. The study was conducted in accordance with DSTU EN 61400-11:2022, ISO 1996-1:2016, ISO 1996-2:2017, and ISO 9613-2:2024 requirements. Hygienic assessment of the obtained results was carried out according to State Sanitary Norms No. 463-2019. Distances from wind turbines to the nearest settlements were determined, octave-band noise spectra were analyzed, measurement uncertainty was assessed, and noise levels in residential areas were predicted.
- **RESULTS.** The average sound level of the WTU 5.2-140 wind turbine at a wind speed of 10 m/s was found to be 57.5 dBA, while the sound power level was 111.5±2 dBA. At a distance of 913 m from the wind turbine to the nearest residential area, the predicted and measured noise levels exceeded permissible nighttime limits in the 250–1000 Hz octave bands; the exceedance of the overall sound level reached up to 0.5 dBA. In settlements located more than 1000 m away, noise levels generally complied with the requirements of State Sanitary Norms No. 463-2019. Comparison of mathematical modeling results according to ISO 9613-2:2024 with field measurements confirmed the sufficient reliability of the predictive model for assessing the acoustic impact of wind power plants.
- **CONCLUSIONS.** It was established that, in order to ensure compliance with regulatory noise limits during the operation of WTU 5.2-140 wind turbines, the sanitary setback distance should be at least 1250 m from the turbine rotor center to the nearest residential development. The obtained results may be used to improve sanitary and hygienic requirements for the design and operation of modern high-capacity wind power plants in Ukraine.
- **KEYWORDS:** noise pollution, wind energy, acoustics, environmental monitoring, environmental exposure.

ВСТУП

Стрімкий розвиток відновлюваної енергетики в світі та в Україні супроводжується активним впровадженням вітрових електростанцій (ВЕС) великої потужності. Сучасна тенденція розвитку вітроенергетики полягає у переході до використання вітрових турбін потужністю понад 5 МВт із збільшеними висотою башти та діаметром ротора. Такі технічні зміни дозволяють суттєво підвищити ефективність генерації електроенергії, особливо в районах зі складним рельєфом та нестабільними вітровими характеристиками. Разом з тим збільшення електричної потужності вітрових турбін цього типу та діаметру їх ротора призводять до зростання їх акустичної потужності, що може суттєво впливати на акустичний стан, прилеглих до ВЕС, територій населених пунктів.

За даними сучасних систематичних оглядів [1, 2], шум від вітрових турбін є одним із провідних факторів впливу ВЕС на населення прилеглих територій. У науковій літературі встановлено зв'язок між експозицією до шуму ВЕУ та виникненням скарг на подразнення, порушення сну, погіршення психоемоційного стану та зниження якості життя населення [8, 9, 12, 13]. При цьому рівень шумового впливу суттєво залежить від відстані до турбін, метеорологічних умов, рельєфу місцевості та потужності самих установок [10].

У міжнародній практиці розміри необхідних відстаней від ВЕС до житлової забудови визначаються переважно на основі вимірів акустичних характеристик вітрових турбін з подальшим моделюванням для прогнозування очікуваних рівнів звуку та звукових тисків на прилеглих територіях. Водночас для турбін великої потужності питання достатності таких відстаней поки залишається дискусійним та потребує додаткових натурних досліджень, особливо в умовах складного рельєфу та наближення сельбищних територій до ВЕС [11, 14].

Іншими словами, для подальшого практичного застосування цих турбін, результати математичного моделювання повинні бути підтверджені результатами натурних акустичних вимірів.

Мета. Оцінити акустичний вплив вітрової електростанції з вітротурбінами WTU 5,2-140 на прилеглі сельбищні території та обґрунтувати мінімальний санітарний розрив між вітровими енергетичними установками і житловою забудовою.

Мета роботи досягалась вирішенням наступних основних завдань:

1. Визначити висоти розташування над рівнем моря найближчих до ВЕС населених пунктів та найближчих до населених пунктів майданчиків ВЕУ з вітровими турбінами WTU 5,2-140.
2. Розрахувати відстані від центрів роторів ВЕУ до найближчого житла.
3. Провести виміри рівнів звукових тисків та корегованих рівнів звуку (від ВЕУ при швидкості вітру 7,5 м/с та на територіях найближчих населених пунктів).
4. Проаналізувати акустичні спектри ВЕУ на наявність тональних складових.
5. Розрахувати розширену невизначеність вимірів акустичних характеристик ВЕУ.
6. Перерахувати результати вимірів при вітрі 7,5 м/с в рівні при швидкості вітру 10 м/с.
7. Розрахувати рівні звукової потужності в октавних смугах та корегований рівень звукової потужності з урахуванням невизначеностей (при вітрі 10 м/с).
8. Розрахувати очікувані октавні рівні та рівень звуку на найближчих до ВЕС територіях населених пунктів та надати їм гігієнічну оцінку.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Натурні акустичні вимірювання рівнів звукового тиску проводилися вимірювачем рівня звуку — аналізатором спектра портативним SV977D в Мукачівському районі Закарпатської області. Кількість населення в найближчих до ВЕУ населених пунктах становило приблизно 50-600 мешканців.

Розрахунки звукової потужності вітрової турбіни WTU 5,2-140 (5,2 МВт) проводили згідно з ДСТУ EN 61400-11:2022 «Вітрові турбіни. Частина 11. Методи вимірювання акустичного шуму» (EN 61400-11:2013, IDT; IEC 61400-11:2012, IDT) [3].

Акустичні виміри та розрахунки проводили згідно з ISO 1996-1:2016 «Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures» [4], ISO 1996-2:2017 «Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of sound pressure levels» [5] та ISO 9613-2:2024. Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 2: Engineering method for the prediction of sound pressure levels outdoors [6].

Медико-санітарну оцінку отриманим результатам проводили згідно з ДСН № 463-2019 [7].

З огляду на близькість місця проведення вимірювань до ВЕУ значення рівнів звукового тиску на частоті 31,5 Гц були виключені з подальших розрахунків.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ
ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати досліджень представлені в табл. 1–5.

Таблиця 1. Висоти території майданчиків ВЕУ та найближчих селищ над рівнем моря

Точки вимірів	Висоти найближчих ВЕУ над рівнем моря, м	Висоти селищ над рівнем моря, м
Селище В	965	598
Селище L	880	720
Селище І	920	680
Селище К	850	690

За результатами розрахунків відстаней між селами та ВЕУ за їх координатами (з урахуванням висот над рівнем моря) встановлено, що: відстань від околиць с. В до найближчої ВЕУ дорівнює 2595,9 м. Відстань від околиць с. L до найближчої ВЕУ дорівнює 912,6 м. Відстань від околиць с. І до найближчої ВЕУ дорівнює 1055,4 м. Відстань від околиць с. К до найближчої ВЕУ дорівнює 2618,3 м.

Результати вимірів рівнів звуку та звукових тисків від вітрових турбіни WTU 5,2-140 при швидкості вітру 7,5 м/с та розрахунки невизначеностей представлені в табл. 2.

Стандартна невизначеність середнього (u_A) для рівня звуку дорівнює 0,851 дБА; сумарна стандартна невизначеність (u_C) дорівнює 1,01 дБ (А); розширена невизначеність (U) ви-

мірів акустичних характеристик ВЕУ з вітро-турбіною WTU 5,2-140 (при коефіцієнті охопту для довірчої вірогідності 95%, $k=2$) дорівнює 2,02 дБ (А).

В табл. 3 представлено перерахунок рівнів звукових тисків і рівня звуку при швидкості вітру 7,5 м/с в рівні звукових тисків і рівень звуку при швидкості вітру 10 м/с.

Середній рівень звуку вітрової турбіни дорівнює: 57,5 дБА при швидкості вітру 10 м/с.

Розрахунки рівнів звукової потужності вітрової турбіни WTU 5,2-140 при швидкості вітру 10 м/с представлені в табл. 4.

Рівень звукової потужності вітрової турбіни WTU 5,2-140 при швидкості вітру 10 м/с дорівнює 111,5±2 дБА.

В табл. 5 представлено розрахунок очікуваних рівнів звукових тисків на найближчий сельбищній території (селище L) від турбіни WTU 5,2-140 при відстані 913 м.

При відстані від центру ротора ВЕУ з WTU 5,2-140 до мікрофону в 913 м розрахункові рівні звукових тисків та рівень звуку перевищують допустимі значення для нічного часу доби (в октавній смузі 250 Гц — на 2,0 дБ; в октавній смузі 500 Гц — на 3,6 дБ; в октавній смузі 1000 Гц — на 0,1 дБ).

В табл. 6 представлено розрахунок очікуваних рівнів звукових тисків на найближчий сельбищній території (селище L) від турбіни WTU 5,2-140 при відстані 1250 м.

При відстані від центру ротора ВЕУ з WTU 5,2-140 до мікрофону в 1250 м розрахункові рівні звукових тисків та рівень звуку не перевищують допустимих значень для нічного часу доби.

В табл. 7 представлено результати вимірів рівнів звуку та звукових тисків від турбіни WTU 5,2-140 на найближчих сельбищних територіях та їх гігієнічна оцінка.

Таблиця 2. Результати розрахунків вимірів та невизначеностей

№ виміру	Рівні звукових тисків, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними значеннями частот, Гц:								Рівні звук, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Розрахунок середнього арифметичного результатів вимірів (вітер 7,5 м/с)									
1	53,6	60,8	61,3	56,0	46,4	48,1	41,3	36,0	55,9
2	51,6	46,1	39,3	42,7	38,7	46,4	43,9	41,8	58,7
3	49,7	50,7	54,7	46,7	42,5	35,9	30,6	28,7	51,6
4	62,9	59,5	55,7	53,0	48,3	42,9	37,7	30,8	54,1
5	59,8	60,3	56,8	54,2	48,3	41,9	35,7	29,8	54,7

Закінчення таблиці 2

№ виміру	Рівні звукових тисків, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними значеннями частот, Гц:								Рівні звук, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
6	59,3	60,7	57,3	55,0	49,7	44,0	36,7	30,8	55,4
7	54,8	59,1	57,3	54,3	49,5	45,0	37,1	32,5	55,6
8	55,9	59,1	57,9	57,1	49,5	43,6	36,4	32,2	56,2
9	61,3	58,8	57,9	55,8	50,3	44,3	37,8	30,2	56,4
Середнє	56,5	57,2	55,4	52,8	47,0	43,6	37,5	32,5	53,8
Розрахунок стандартного відхилення вибірки, s									
$(L_i - L_{ср})^2$	8,7	12,7	35,3	10,5	0,4	20,6	14,7	12,0	4,4
	24,4	124,0	257,8	101,1	69,3	8,0	41,4	85,9	23,9
	46,8	42,7	0,4	36,7	20,5	58,8	47,2	14,7	4,9
	40,4	5,1	0,1	0,1	1,6	0,4	0,1	3,0	0,1
	10,6	9,4	2,1	2,1	1,6	2,8	3,1	7,5	0,8
	7,6	12,0	3,8	5,0	7,2	0,2	0,6	3,0	2,5
	3,0	3,5	3,8	2,4	6,1	2,1	0,1	0,0	3,2
	0,4	3,5	6,5	18,9	6,1	0,0	1,1	0,1	5,7
	22,6	2,5	6,5	9,3	10,7	0,5	0,1	5,4	6,7
$\Sigma =$	164,6	215,3	316,3	186,0	123,6	93,4	108,4	131,6	52,2
$n =$	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
$n - 1$	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
$s =$	4,536	5,188	6,288	4,822	3,930	3,416	3,681	4,056	2,554

Розрахунок стандартної невизначеності середнього, u_A

$u_A =$	1,512	1,729	2,096	1,607	1,310	1,139	1,227	1,352	0,851
---------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Розрахунок сумарної стандартної та розширеної невизначеності

Стандартна невизначеність, u_A	1,512	1,729	2,096	1,607	1,310	1,139	1,227	1,352	0,851
Коефіцієнт чутливості, c_i	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Акустичний калібратор, дБ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,15
Шумомір і мікрофон, дБ	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Вплив фоновому шуму, дБ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Вітрозахисний екран, дБ	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
Похибка метеодатчика, дБ	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Сумарна стандартна невизначеність, u_c	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01
Коефіцієнт охопту для довірчої вірогідності 95% $k=2$	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Розширена невизначеність, U	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02

Таблиця 3. Перерахунок рівнів звукових тисків і рівня звуку при швидкості вітру 7,5 м/с в рівні звукових тисків і рівень звуку при швидкості вітру 10 м/с

Середні рівні при швидкостях вітру	Рівні звукових тисків, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними значеннями частот, Гц:								Рівні звук, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Середні рівні при вітрі 7,5 м/с	56,5	57,2	55,4	52,8	47,0	43,6	37,5	32,5	53,8
ΔL , дБ, дБА	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Середні рівні при вітрі 10 м/с	60,2	60,9	59,1	56,5	50,7	47,3	41,2	36,2	57,5

Таблиця 4. Розрахунки рівнів звукової потужності турбіни WTU 5,2-140 при швидкості вітру 10 м/с

Критерії для розрахунків	Параметри критеріїв в октавних смугах з середньо-геометричними значеннями октавних смуг, Гц:							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Висота до осі ротора, м	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0
Відстань від мікрофона до башти, м	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Довжина лопаті, м	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6	78,6
Висота мікрофону над поверхнею землі, м	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Відстань від кінця лопаті до поверхні землі, м	61,4	61,4	61,4	61,4	61,4	61,4	61,4	61,4
Відстань від кінця лопаті до рівня мікрофону, м	59,9	59,9	59,9	59,9	59,9	59,9	59,9	59,9
Відстань від площини ротора до вежі, м	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Відстань від мікрофону до центру ротора, м	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5	139,5
ВЕУ (20 м від башти, швидкість вітру 10,2 м/с)	60,2	60,9	59,1	56,5	50,7	47,3	41,2	36,2
Рівень звуку, дБА	57,5							
Lw, дБ	114,2	114,9	113,1	110,5	104,7	101,3	95,2	90,2
LwA, дБА	111,5							
Розширена невизначеність, U	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Lw з урахуванням розширеної невизначеності, дБ	116,2	116,9	115,1	112,5	106,7	103,3	97,2	92,2
LwA з урахуванням розширеної невизначеності, дБА	113,5							

Таблиця 5. Розрахунок очікуваних рівнів звукових тисків на найближчій сельбищній території (селище L) від турбіни WTU 5,2-140 при відстані 913 м

Критерії для розрахунку	Рівні звукових тисків та їх зниження, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними значеннями частот, Гц:								дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Lw турбіни з урахуванням розширеної невизначеності, дБ, дБА	116,2	116,9	115,1	112,5	106,7	103,3	97,2	92,2	113,5
Розрахунок корекції, яка враховує спрямованість випромінювання (Dc), дБ									
Ω — просторовий кут випромінювання, рад	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56
Dc — корекція на спрямованість випромінювання, дБ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Розрахунок зниження рівнів за рахунок:									
Вплив дивергенції									
d — відстань до приймача, м	912,6	912,6	912,6	912,6	912,6	912,6	912,6	912,6	912,6
d ₀ — референтна відстань (= 1 м)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
A _{div} — за рахунок геометричної дивергенції (точкове джерело, дБ(А))	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21
Затухання в атмосфері, дБ(А)									
d — дійсна відстань до приймача, м	912,6	912,6	912,6	912,6	912,6	912,6	912,6	912,6	912,6
α _{atm} — коефіцієнт загасання в атмосфері (10 град. С, 70% вологість), дБ/км	0,10	0,40	1,00	1,90	3,70	9,70	32,80	117,00	1,90
A _{atm} , дБ	0,09	0,37	0,91	1,73	3,38	8,85	29,93	106,78	1,73

Закінчення таблиці 5

Критерії для розрахунку	Рівні звукових тисків та їх зниження, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними значеннями частот, Гц:								дБА	
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Вплив ґрунту (затухання у приземному шарі)										
As (поблизу джерела)										
Gs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hs	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5
dp	861,9	861,89	861,89	861,9	861,9	861,89	861,9	861,89	861,9	861,9
	-1,5									
a''(h)		1,5								
b''(h)			1,5							
c''(h)				1,5						
d''(h)					1,5					
As, дБ	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
Ar (поблизу РТ)										
Gr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hr	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
dp	861,9	861,89	861,89	861,9	861,9	861,89	861,9	861,89	861,9	861,9
	-1,5									
a''(h)		1,5								
b''(h)			1,5							
c''(h)				1,5						
d''(h)					1,5					
Ar, дБ	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
At (між джерелом та РТ)										
dp	861,9	861,89	861,89	861,9	861,9	861,89	861,9	861,89	861,9	861,9
hs	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5
hr	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
30*(hs+hr)	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000
q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Am, дБ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agr''	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Kgeo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Agr	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00
A — сумарне зниження, дБ	67,3	67,6	68,1	68,9	70,6	76,1	97,1	174,0	68,9	
Очікувані рівні в РТ, дБ та, дБА	48,9	49,3	47,0	43,6	36,1	27,2	0,1	-81,8	44,6	
Допустимі рівні, прилегла територія, ніч	60	52	45	40	36	34	33	32	45	
Відносно доп. рівнів	-11,1	-2,7	2,0	3,6	0,1	-6,8	-32,9	-113,8	-0,4	
Поправка (Cmet)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Таблиця 6. Розрахунок очікуваних рівнів звукових тисків на найближчій сельбищній території (селище L) від турбіни WTU 5,2-140 при відстані 1250 м

Критерії для розрахунку	Рівні звукових тисків та їх зниження, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними значеннями частот, Гц:								дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Lw турбіни з урахуванням розширеної невизначеності (верхня межа 95% інтервалу), дБ, дБА	116,2	116,9	115,1	112,5	106,7	103,3	97,2	92,2	113,5
Розрахунок корекції на спрямованість випромінювання (Dc), дБ:									
Ω — просторовий кут випромінювання, рад	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56
Dc — корекція на спрямованість випромінювання, дБ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Розрахунок зниження рівнів за рахунок:									
Вплив дивергенції									
d — дійсна відстань від джерела до приймача, м	1250,0	1250,0	1250,0	1250,0	1250,0	1250,0	1250,0	1250,0	1250,0
d ₀ — референтна відстань (=1 м)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
A _{div} — послаблення за рахунок дивергенції — точкове джерело, дБ(А)	72,94	72,94	72,94	72,94	72,94	72,94	72,94	72,94	72,94
Затухання в атмосфері, дБ(А)									
d — дійсна відстань від джерела до приймача, м	1250,0	1250,0	1250,0	1250,0	1250,0	1250,0	1250,0	1250,0	1250,0
α_{atm} — коефіцієнт загасання в атмосфері (10 град.С, 70% вологість), дБ/км	0,10	0,40	1,00	1,90	3,70	9,70	32,80	117,00	1,90
A _{atm} , дБ	0,13	0,50	1,25	2,38	4,63	12,13	41,00	146,25	2,38
Вплив ґрунту									
As (біля джерела)									
Gs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hs	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5
dp	861,9	861,89	861,89	861,9	861,9	861,89	861,9	861,89	861,9
	-1,5								
a''(h)		1,5							
b''(h)			1,5						
c''(h)				1,5					
d''(h)					1,5				
As, дБ	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
Ar (поблизу РТ)									
Gr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hr	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
dp	861,9	861,89	861,89	861,9	861,9	861,89	861,9	861,89	861,9
	-1,5								
a''(h)		1,5							
b''(h)			1,5						
c''(h)				1,5					

Закінчення таблиці 6

Критерії для розрахунку	Рівні звукових тисків та їх зниження, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними значеннями частот, Гц:								дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
d''(h)					1,5				
Ar, дБ	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5
At (між джерелом та РТ)									
dp	861,9	861,89	861,89	861,9	861,9	861,89	861,9	861,89	861,9
hs	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5	298,5
hr	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
30*(hs+hr)	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000
q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gm	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Am, дБ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agr''	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
Kgeo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Agr	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00	-3,00
A — Сумарне зниження, дБ	70,1	70,4	71,2	72,5	74,6	82,1	110,9	216,2	72,3
Очікувані рівні в РТ, дБ, дБА	46,1	46,5	43,9	40,0	32,1	21,2	-13,7	-124,0	41,2
Допустимі рівні на прилеглій території, ніч	60	52	45	40	36	34	33	32	45
Відносно допустимих рівнів	-13,9	-5,5	-1,1	0,0	-3,9	-12,8	-46,7	-156,0	-3,8
Cмет, дБ	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблиця 7. Результати вимірів рівнів звуку та звукових тисків від турбіни WTU 5,2-140 на найближчих сільбищних територіях та їх гігієнічна оцінка

Селище	Рівні звукових тисків в октавних рівнях з геометричними значеннями частот, Гц:								дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Селище В	48,6	51,4	43,6	39,5	31,5	33	30,3	27,1	42,2
Доп. рівні, ніч, дБ, дБА	60	52	45	40	36	34	33	32	45
Відносно доп. рівнів, ніч	-11,4	-0,6	-1,4	-0,5	-4,5	-1,0	-2,7	-4,9	-2,8
Селище L	51,3	49	42,6	43,8	42,5	31,1	27	28	45,7
Фоновий рівень, день, дБ, дБА	44	38	34	32	30	27	24	21	35,3
Без фону, день, дБ, дБА	50,4	48,6	42,0	43,5	42,2	29,0	24,0	27,0	45,2
Доп. рівні, день, дБ, дБА	67	60	54	49	46	44	43	42	55
Відносно доп. рівнів, день	-16,6	-11,4	-12,0	-5,5	-3,8	-15,0	-19,0	-15,0	-9,8
Фоновий рівень, ніч, дБ, дБА	38	37	30	28	27	23	20	18	31,8
Без фону, ніч, дБ, дБА	51,1	48,7	42,4	43,7	42,4	30,4	26,0	27,5	45,5
Доп. рівні, ніч, дБ, дБА	60	52	45	40	36	34	33	32	45
Відносно доп. рівнів, ніч	-8,9	-3,3	-2,6	3,7	6,4	-3,6	-7,0	-4,5	0,5

Селище	Рівні звукових тисків в октавних рівнях з геометричними значеннями частот, Гц:								дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Селище І	42,6	36	31,4	31,4	32,4	31,8	25,8	26,8	37,5
Доп. рівні, ніч, дБ, дБА	60	52	45	40	36	34	33	32	45
Відносно доп. рівнів	-17,4	-16,0	-13,6	-8,6	-3,6	-2,2	-7,2	-5,2	-7,5
Селище К	34,4	32,3	30,3	34,3	36,5	33,2	28,4	27,4	40,0
Доп. рівні, ніч, дБ, дБА	60	52	45	40	36	34	33	32	45
Відносно доп. рівнів	-26	-19,7	-14,7	-5,7	0,5	-0,8	-4,6	-4,6	-5,0

Результати вимірів рівнів звуку та звукових тисків від турбіни WTU 5,2-140 на найближчих сельбищних територіях показали наступне.

Селище В. Рівні звукових тисків і рівень звуку відповідають вимогам ДСН № 463-2019 для денного та нічного часу доби.

Селище Л. Зафіксовано перевищення допустимого рівня звукового тиску в октавній смузі 500 Гц (для нічного часу доби) на 3,7 дБ; зафіксовано перевищення допустимого рівня звукового тиску для нічного часу доби, в октавній смузі 1000 Гц на 6,4 дБ; рівень звуку перевищує допустимий для нічного часу доби на 0,5 дБА [8–10, 13].

Селище І. Рівні звукових тисків і рівень звуку не перевищують вимоги ДСН 463-2019 для денного та нічного часу доби.

Селище К. Рівні звукових тисків і рівень звуку не перевищують вимоги ДСН 463-2019 для денного та нічного часу доби.

Отримані результати свідчать, що акустичний вплив вітрових турбін великої потужності суттєво залежить не лише від геометричної відстані до житлової забудови, а й від поєднання рельєфних та метеорологічних чинників. Встановлено, що при відстані 913 м від ВЕУ WTU 5,2-140 до найближчої сельбищної території (селище Л) розрахункові та фактичні рівні шуму перевищують нормативні значення для нічного часу доби, насамперед у середньочастотному діапазоні 250-1000 Гц. Саме цей діапазон, за даними сучасних досліджень, є найбільш значущим для формування суб'єктивного дискомфорту, порушень сну та скарг населення, яке проживає поблизу ВЕС [8–10]. Отримані результати узгоджуються з даними міжнародних досліджень щодо необхідності збільшення санітарних відстаней для сучасних турбін потужністю понад 5 МВт.

Порівняння результатів математичного моделювання за ISO 9613-2 із результатами натурних вимірювань показало достатньо високу відповідність прогнозованих та фактичних рівнів звуку на сельбищних територіях. Це підтверджує доцільність використання зазначеної методики для прогнозування акустичного впливу ВЕС на етапі проектування та оцінки впливу на довкілля. Разом із тим результати дослідження свідчать, що для гірських та пересічених територій, де існують значні перепади висот між майданчиками ВЕУ та житловою забудовою, розрахункові моделі потребують обов'язкової верифікації шляхом натурних вимірювань. Подібний підхід рекомендований також у роботі Bowdler & Leventhall [11], де наголошується на необхідності поєднання інструментальних вимірів із прогнозними моделями для оцінки ризиків впливу шуму вітротурбін на населення.

Особливу увагу слід звернути на те, що навіть незначні перевищення нормативних рівнів шуму у нічний час можуть мати суттєве гігієнічне значення. Згідно з рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я, хронічний вплив нічного шуму здатний спричинити порушення сну, підвищення рівня стресу, розвиток серцево-судинних розладів та зниження якості життя населення [1, 8]. У проведеному дослідженні перевищення допустимих рівнів були зафіксовані саме у найближчому до ВЕУ селищі Л, тоді як у населених пунктах, розташованих на відстанях понад 1000–2500 м, нормативні показники дотримувались. Це підтверджує визначальне значення санітарного розриву як основного профілактичного заходу мінімізації шумового навантаження від ВЕС.

Встановлена за результатами дослідження мінімальна відстань 1250 м між ВЕУ WTU 5,2-

140 та житловою забудовою забезпечує досягнення допустимих рівнів шуму з урахуванням розширеної невизначеності вимірювань та несприятливих метеорологічних умов поширення звуку. Отримані результати можуть бути використані при розробці санітарно-гігієнічних вимог до проектування сучасних ВЕС великої потужності, а також у процедурах оцінки впливу на довкілля та планування сельбищних територій.

ВИСНОВКИ

1. У результаті проведених натурних акустичних вимірювань та розрахунків встановлено, що середній рівень звуку вітрової турбіни WTU 5,2-140 при швидкості вітру 10 м/с становить 57,5 дБА, а рівень звукової потужності — 111,5±2 дБА.

2. Визначено, що при відстані 913 м від ВЕУ до найближчої сельбищної території прогнозовані та фактичні рівні звукового тиску перевищують допустимі значення для нічного часу доби в октавних смугах 250–1000 Гц, а рівень звуку перевищує нормативне значення на 0,5 дБА.

3. Результати натурних вимірювань у населених пунктах, розташованих на відстанях понад 1000 м від ВЕУ, засвідчили зниження рівнів шумового навантаження до величин, що переважно відповідають вимогам ДСН № 463-2019.

4. Порівняльний аналіз результатів натурних вимірювань та розрахунків за методикою ISO 9613-2:2024 підтвердив достатню достовірність прогнозованої моделі для оцінки акустичного впливу вітрових електростанцій на прилеглі сельбищні території.

5. Встановлено, що для гарантованого забезпечення нормативних рівнів шуму на території житлової забудови при експлуатації ВЕУ WTU 5,2-140 необхідний санітарний розрив не менше 1250 м від центру ротора вітрової турбіни до найближчої житлової забудови.

6. Отримані результати можуть бути використані для удосконалення санітарно-гігієнічних підходів до проектування та експлуатації сучасних вітрових електростанцій великої потужності в Україні.

REFERENCES

1. World Health Organization. Environmental noise guidelines for the European region. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark; 2018.

Available from: <https://www.who.int/publications/item/9789289053563>

2. Guskі R, Schreckenberɡ D, Schuemer R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2017;14(12):1539. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph14121539>
3. International Electrotechnical Commission. Wind turbines — Part 11: Acoustic noise measurement techniques (IEC 61400-11:2012). Geneva: IEC; 2012.
4. International Organization for Standardization. Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures (ISO 1996-1:2016). Geneva: ISO; 2016.
5. International Organization for Standardization. Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 2: Determination of sound pressure levels (ISO 1996-2:2017). Geneva: ISO; 2017.
6. International Organization for Standardization. Acoustics — Attenuation of sound during propagation outdoors — Part 2: Engineering method for the prediction of sound pressure levels outdoors (ISO 9613-2:2024). Geneva: ISO; 2024.
7. Ministry of Health of Ukraine. State sanitary norms of permissible noise levels in the premises of residential and public buildings and on the territory of residential areas (Sanitary Norms No. 463-2019). Kyiv: Ministry of Health of Ukraine; 2019.
8. Basner M, Babisch W, Davis A, Brink M, Clark C, Janssen S, Stansfeld S. Auditory and non-auditory effects of noise on health. *Lancet*. 2014 Apr 12; 383(9925):1325–32. doi: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X)
9. Pedersen E, van den Berg F, Bakker R, Bouma J. Response to noise from modern wind farms in The Netherlands. *J Acoust Soc Am*. 2009 Aug;126(2):634–43. doi: <https://doi.org/10.1121/1.3160293>
10. Michaud DS, Feder K, Keith SE. Exposure to wind turbine noise: Perceptual responses and reported health effects. *Journal of the Acoustical Society of America*. 2016 Mar;139(3):1443–54. doi: <https://doi.org/10.1121/1.4942391>
11. Bowdler D, Leventhall G. Wind Turbine Noise. Multi-Science Publishing; 2011.
12. Bakker RH, Pedersen E, van den Berg GP, Stewart RE, Lok W, Bouma J. Impact of wind turbine sound on annoyance, self-reported sleep disturbance and psychological distress. *Sci Total Environ*. 2012 May 15;425:42–51. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.005>
13. Schmidt JH, Klokke M. Health effects related to wind turbine noise exposure: a systematic review. *PLoS One*. 2014 Dec 4;9(12):e114183. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114183>
14. Janssen SA, Vos H, Eisses AR, Pedersen E. A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *Journal of the Acoustical Society of America*. 2011;130(6):3746–53. doi: <https://doi.org/10.1121/1.3653984>

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконано в межах договірної науково-дослідної роботи.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Генеративний ШІ (GPT-5.2, OpenAI, версія 5.2, використаний 23.05.2026) застосовувався винятково для мовного редагування тексту. Промпти включали запити на стилістичну редактуру. Автори перевірили увесь контент і підтверджують його точність, оригінальність та відсутність плагіату.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

СЕМАШКО Петро: наукове керівництво, концептуалізація, методологія, дослідження, формальний аналіз, підготовка первинного тексту, залучення фінансування.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3075-4245>

e-mail: pws240653@gmail.com

ДУМАНСЬКИЙ Вадим: наукове керівництво, дослідження, ресурси.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2704-1649>

ГАЛАК Станіслав: дослідження, упорядкування даних, формальний аналіз, редагування та доопрацювання, адміністрування проєкту.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9502-7198>

БЕЗВЕРХА Анна: дослідження, упорядкування даних, формальний аналіз, редагування та доопрацювання, адміністрування проєкту, залучення фінансування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5362-2899>

ГОЦ Олексій: дослідження, ресурси.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6044-343X>

СЕРДЮК Євген: дослідження, ресурси.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4947-6045>

Отримано: 25.05.2026

Прийнято до друку: 01.07.2026

Опубліковано: 15.07.2026

SOURCES OF FUNDING

The study was carried out within the framework of a contractual research project.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare the absence of a conflict of interest.

APPLICATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Generative AI (GPT-5.2, OpenAI, version 5.2, used on 23 May 2026) was employed exclusively for language editing of the manuscript. The prompts included requests for stylistic editing. The authors reviewed all content and confirm its accuracy, originality, and absence of plagiarism.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

SEMASHKO Petro: supervision, conceptualization, methodology, investigation, formal analysis, writing — original draft, funding acquisition.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3075-4245>

e-mail: pws240653@gmail.com

DUMANSKYI Vadym: supervision, investigation, resources.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2704-1649>

HALAK Stanislav: investigation, data curation, formal analysis, writing — review & editing, project administration.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9502-7198>

BEZVERKHA Anna: investigation, data curation, formal analysis, writing — review & editing, project administration, funding acquisition.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5362-2899>

HOTS Oleksii: investigation, resources.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6044-343X>

SERDIUK Yevhen: investigation, resources.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4947-6045>

Received: 25.05.2026

Accepted: 01.07.2026

Published: 15.07.2026



ДОСТУПНІСТЬ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ОФТАЛЬМОЛОГІЧНОЇ ДОПОМОГИ ЯК ПРОБЛЕМА ДЛЯ ВИМУШЕНО ПЕРЕМІЩЕНИХ ОСІБ ТА БІЖЕНЦІВ

Повч З.В.¹Осауленко С.В.²Медведовська Н.В.³

¹ Київська міська клінічна офтальмологічна лікарня «Центр мікрохірургії ока», м. Київ, Україна

² Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

³ Національна академія медичних наук України, м. Київ, Україна

■ Зростання поширеності офтальмологічної патології із віком є визнаною проблемою в більшості країн світу.

■ **МЕТОЮ** наукового дослідження став пошук та аналіз оприлюднених в науковій літературі описаних регіональних особливостей ефективних профілактичних, медико-діагностичних стратегій забезпечення рівного доступу спеціалізованої офтальмологічної допомоги для різних верств населення, особливо для вимушено переміщених осіб та біженців.

■ **МАТЕРІАЛАМИ ТА МЕТОДАМИ** дослідження стали оприлюднені в науковій літературі результати наукових досліджень з проблем вивчення доступності спеціалізованої офтальмологічної допомоги для вимушено переміщених осіб та біженців, а також результатів розробки та реалізації регіональних ініціатив в різних країнах світу для її покращення. В дослідженні використано методи: системного підходу; бібліосемантичний; контент-аналізу; структурно-логічного аналізу.

■ **РЕЗУЛЬТАТИ.** Оприлюднений в науковій літературі досвід різних країн світу демонструє, що в умовах кризових ситуацій перед системою охорони здоров'я постають нагальні проблеми, пов'язані із санітарним благополуччям, наданням невідкладної допомоги при травмах, пораненнях, розладах психічного здоров'я та загостреннях хронічних неінфекційних хвороб. Послуги спеціалізованої офтальмологічної допомоги відходять на другорядний план. Разом з тим, двостороннє порушення зору, навіть легкого ступеню, доведено впливає на ризик смертності (зростає на 40,0% протягом 10 наступних років в порівнянні із людьми аналогічного віку без діагностованих порушень зору), сприяє скороченню розриву в показниках смертності, негативно впливає на компоненти якості життя. Враховуючи особливі умови, пов'язані із отриманням статусу біженця або вимушено переміщеної особи, в різних країнах світу запроваджені різні підходи до організації надання офтальмологічної допомоги цим категоріям населення.

■ **ВИСНОВКИ.** Враховуючи надзвичайну важливість формування та збереження здорових зорових функцій в різних вікових групах населення, особливою категорією населення стають вимушено переміщені особи, біженці, які наражаються на комплекс нагальних побутових та соціально-економічних проблем, відсувають потребу проходження профілактичного офтальмологічного огляду на другий план. Огляд сучасної наукової літератури доводить зростання актуальності досліджень з розробки та апробації медичних технологій та методів підвищення доступності офтальмологічної допомоги саме для цієї категорії населення.

■ **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** доступність офтальмологічної допомоги, вимушено переміщені особи, біженці.

ACCESSIBILITY OF SPECIALIZED OPHTHALMOLOGICAL CARE AS A PROBLEM FOR INTERNALLY DISPLACED PERSONS AND REFUGEES

Povch Z.V.¹Osaulenko S.V.²Medvedovska N.V.³

¹ Kyiv City Clinical Ophthalmological Hospital «Center for Eye Microsurgery», Kyiv, Ukraine

² Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

³ National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

■ The increasing prevalence of ophthalmic diseases with age is a recognized problem in most countries around the world.

■ **THE AIM** of this study was to identify and analyze regional characteristics of effective preventive and medical-diagnostic strategies described in the scientific literature to ensure equal access to specialized ophthalmological care for various segments of the population, particularly those who have been forced to become displaced persons and refugees.

■ **THE MATERIALS AND METHODS** of the study consisted of the results of scientific research published in the scientific literature on the issues of studying the accessibility of specialized ophthalmological care for internally displaced persons and refugees, as well as the results of the development and implementation of regional initiatives in various countries around the world to improve it. The study employed the following methods: the systematic approach; bibliosemantic analysis; content analysis; and structural-logical analysis.

■ **RESULTS.** The experience of various countries around the world, as documented in the scientific literature, demonstrates that in crisis situations, the healthcare system faces urgent challenges related to public health, the provision of emergency care for trauma, injuries, mental health disorders, and exacerbations of chronic noncommunicable diseases. Specialized ophthalmological care takes a back seat. At the same time, bilateral visual impairment, even of mild severity, has been shown to increase the risk of mortality (by 40.0% over the next 10 years compared to people of the same age without diagnosed visual impairments),

contributes to a narrowing of mortality rate disparities, and negatively impacts quality-of-life indicators. Given the specific circumstances associated with obtaining refugee or internally displaced person status, various countries have adopted different approaches to organizing the provision of ophthalmic care for these populations.

■ **CONCLUSIONS.** Given the critical importance of developing and maintaining healthy visual function across different age groups, internally displaced persons and refugees constitute a special category of the population; faced with a range of pressing daily and socio-economic challenges, they tend to prioritize preventive ophthalmological examinations as a lower priority. A review of the current scientific literature demonstrates the growing relevance of research into the development and testing of medical technologies and methods to improve access to ophthalmological care specifically for this population group.

■ **KEYWORDS:** *access to ophthalmological care, internally displaced persons, refugees.*

Із віком зростає поширеність офтальмологічної патології. Сучасні наукові дослідження доводять, що довготривале порушення зору впливає на тривалість життя та його якість [7, 10]. Стан функціонування зорового аналізатора, починаючи з дитячого віку, визначає нейрофізіологічний розвиток та здатність оволодівати навичками руху, спілкування з однолітками тощо [24].

Одночасно з цим, результати реалізації програми «VISION 2020: Право на зір: аналіз для дослідження глобального тягаря хвороб» переконують у можливості ефективного лікування переважної більшості офтальмологічних хвороб [11, 15]. Окремі науковці в різних країнах світу гостро виступають щодо доцільності скринінгу порушень зору, аргументуючи його широке запровадження, починаючи з дитячого віку тим, що своєчасність виявлення офтальмологічної патології із застосованими сучасними методами її лікування, ефективно дозволяють попередити незворотні втрати зору [5, 6]. З іншого боку, науковці з Великобританії, Австралії, США та Нідерландів обговорюють низьку економічну ефективність запровадження багатокomпонентної скринінгової перевірки зору в умовах закладів первинної медичної допомоги у осіб старших вікових груп [6].

Вивчені та описані в науковій літературі фактори ризику, включаючи взаємопоеднання факторів віку, соціально-економічних умов, культурних та шкідливих звичок, статі, типу зайнятості, працевлаштування, хоббі, виникнення та перебігу хронічних неінфекційних хвороб, особливо таких як цукровий діабет, — є дуже розрізненими [17, 18, 21–23].

Сучасні особливості значного поширення цифровізації із застосуванням штучного інтелекту впливають на поширення дистанційних форм освіти, зайнятості, спілкування, що впливає не лише на фізичне і психічне здоров'я, а й спричиняє особливе навантаження на орган зору [5, 27].

Мета дослідження. Метою нашого дослідження став пошук та аналіз оприлюднених

в науковій літературі описаних регіональних особливостей ефективних профілактичних, медико-діагностичних стратегій забезпечення рівного доступу спеціалізованої офтальмологічної допомоги для різних верств населення, особливо для вимушено переміщених осіб та біженців.

ОБ'ЄКТ, МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Матеріалами для дослідження стали оприлюднені в науковій літературі результати наукових досліджень з проблем вивчення доступності спеціалізованої офтальмологічної допомоги для вимушено переміщених осіб та біженців, а також результатів розробки та реалізації регіональних ініціатив в різних країнах світу для її покращення. Досягнення мети дослідження вимагало використання загальнонаукових та спеціальних методів дослідження, зокрема: метод системного підходу; бібліосемантичний; контент-аналізу; структурно-логічного аналізу. Метод системного підходу застосовано для аналізу застосованих регіональних підходів до покращення доступності офтальмологічної допомоги для особливих груп населення, таких як вимушено переміщені особи та біженці. Бібліосемантичний метод застосовано для вивчення вітчизняного та світового контенту щодо досвіду, наукових підходів до вирішення досліджуваної проблеми. Методи контент-аналізу та структурно-логічного аналізу застосовані для вивчення змісту літературних джерел щодо аналізу результатів запровадження змінених організаційних підходів до надання спеціалізованої медичної допомоги вимушено переміщеним особам та біженцям, зокрема в частині покращення її доступності та реалізації сучасних медико-профілактичних стратегій збереження офтальмологічного здоров'я.

Обробка даних: протокол систематичного огляду формування первинного матеріалу передбачав покроковий пошук, відбір, реферування та аналіз опублікованих результатів наукових досліджень, отриманих з відкритих

інформаційних ресурсів PubMed, Google Scholar, а також з офіційних сайтів із законодавством України, Словаччини, Угорщини, Румунії та Польщі. Всі вони були зібрані, систематизовані та проаналізовані із застосуванням вищенаведених методів дослідження. Пошук відбувався за ключовими словами «вимушено переміщені особи», «біженці», «доступність офтальмологічної допомоги». Часова глибина пошуку складала 2017–2026 роки. Із загальної кількості 107 джерел після прочитання заголовків було відсіяно 27, а після аналізу змісту абстрактів було відсіяно ще 53 джерела.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В світі зростає кількість людей, які потерпаючи від порушень функцій зору, продовжують не звертатися за офтальмологічною допомогою. Причинами такої поведінки не завжди є обмеженість ресурсів пацієнтів, серед інших бар'єрів своєчасного отримання офтальмологічної допомоги вказується недостатня інформованість, дефіцит знань про фактори ризику та перші прояви офтальмологічного захворювання [1, 4, 11, 13].

Одночасно з цим, на тлі збільшення чисельності населення в поєднанні із світовими тенденціями до «постаріння» населення та зростання середньої очікуваної тривалості життя, продовжує зростати кількість людей з важкими і помірними порушеннями зору (з 159,9 млн в 1990 році до 216,6 млн в 2015 році) [3, 9]. Виявлена значна нерівність та обґрунтована потреба у покращенні доступності офтальмологічних послуг для мешканців сільської місцевості, а також в групах малозабезпечених верств населення, до яких віднесені і вимушено переміщені особи та біженці [12].

Досвід країн світу демонструє, що в умовах активного збройного конфлікту, від якого потерпає Україна та в інших кризових ситуаціях (епідемії, стихійні лиха, гуманітарні кризи тощо) перед системою охорони здоров'я постають нагальні проблеми, пов'язані із санітарним благополуччям, наданням невідкладної допомоги при травмах, пораненнях, розладах психічного здоров'я та загостреннях хронічних неінфекційних хвороб, з якими найчастіше звертається населення до медичних закладів в таких ситуаціях [2].

Разом з тим, двостороннє порушення зору, навіть легкого ступеню, доведено впливає на ризик смертності (зростає на 40% протягом 10 наступних років в порівнянні із людьми ана-

логічного віку без діагностованих порушень зору), сприяє скороченню розриву в показниках смертності, негативно впливає на компоненти якості життя [20, 25]. При втраті зору в старшому віці зростає ймовірність звільнення з роботи по причині інвалідності. Відсутність фізичної активності у людей із порушеннями зору сприяє погіршенню здоров'я і зростанню захворюваності [23].

Враховуючи особливі умови, пов'язані із отриманням статусу біженця або вимушено переміщеної особи, в різних країнах світу запроваджені різні підходи до організації надання офтальмологічної допомоги цим категоріям населення. Так, відомою є практика створення стаціонарних пунктів перевірки зору в таборах та поселеннях біженців, як наприклад в таборі біженців Кокс-Базаре (Бангладеш) за участі Orbis International та Sax's Bazar Baitush Sharaf Hospital (CBBSH). Організований пункт перевірки зору за рік зміг надати офтальмологічну допомогу близько 70 тисяч осіб різного віку (70,3% вимушено переміщені особи та біженці, а 29,7% місцеві мешканці), значну частину яких складали діти (88,5%). Отриманий досвід та аналіз результатів проведених діагностичних обстежень, які, при потребі пацієнта, могли завершуватися направленням на оперативне втручання або призначенням необхідної оптичної корекції, показали суттєве переваження показників поширеності сліпоти серед біженців. Показники останньої за різними офтальмологічними нозологіями в 3–6 разів перевищували аналогічні значення серед місцевого населення [2].

Організовані таким чином офтальмологічні обстеження дозволили в 90,9% випадків виявити хвороби органу зору на ранній стадії та в 95,9% випадків попередити тяжкі порушення зору, які були діагностовані лише у 2,35% обстежених. Зокрема, при встановленні діагнозу катаракти в 81,2% була проведена хірургія катаракти повністю безкоштовно для пацієнта. Встановлено, що серед пацієнтів, яким було діагностовано різні аномалії рефракції 95,2% взагалі ніколи не носили окулярів. Результати таким чином організованого офтальмологічного обстеження стали підґрунтям для рекомендацій включення обстеження офтальмолога до переліку рекомендованих медичних послуг для біженців [2, 14].

Біженці в Австралії, яких за останнє десятиліття було більше 250 тис. мають високий рівень поширеності офтальмологічних хвороб,

серед яких 80,0% станів є попереджуваними, особливо такі як катаракта та рефракційні порушення, що обґрунтовує доцільність запровадження сучасних медико-профілактичних технологій для цієї категорії населення [19]. Опубліковані результати Мельбурнського проекту тривалого п'ятирічного спостереження показали, що тривалі порушення зору більше ніж на 50,0% пов'язані із зростанням ризику смертності, особливо на тлі зростаючого з віком ($OR=1,09$) впливу таких факторів ризику чоловіча стать ($OR=1,62$), тривалість артеріальної гіпертензії більше десяти років ($OR=1,51$), тривалість тютюнопаління більше тридцяти років ($OR=2,34$), наявність системних захворювань, зокрема артрити ($OR=1,42$) [26]. Докази наявності зв'язку зростаючого ризику смертності (до 40,0% протягом 10 років) за наявності тривалих порушень зору у корінного населення Австралії обґрунтовують доцільність розробки програм із попередження втрати зору, впровадження яких сприятиме скороченню розриву в показниках смертності як серед біженців, так і серед корінного населення Австралії [20]. Порівняно вища захворюваність органа зору серед корінного населення Австралії стає стимулом для підвищення якості і частоти досліджень офтальмологічного здоров'я в рамках скоординованих програм [8].

У зв'язку з демографічними змінами з тенденціями до «постаріння» населення в США, окремі його верстви за прогнозами до 2050 року матимуть найвищі рівні поширеності хвороб ока. Серед них в першу чергу це: афроамериканці (очікується зростання поширеності порушень зору і сліпоти з 15,2% в 2015 році до 16,3% в 2050 році); латиноамериканці (з 9,9% в 2015 році до 20,3% в 2050 році). Через прогнозований ріст чисельності цих груп населення в США запроваджено скринінг зору, який дозволяє знизити витрати економіки США на медичні послуги через попередження значної частини випадків втрати зору і сліпоти. Цільові освітні програми і скринінги зору попереджають зниження продуктивності праці та сприяють підвищенню якості життя, що відображено в результатах їх реалізації в групах представників меншин та білих жінок неіспаномовного походження [25]. Дослідження формування зорових функцій у 174 тис. дітей в США у віці 3–5 років виявили значний відсоток некоригованих рефракційних аномалій та двосторонніх амбліопій (69,0% та 25,0% відповідно) з прогнозованим збільшенням цих значень на 26,0% до

2060 року та непропорційним ростом числа дітей дошкільного віку з дефектами зору, особливо серед представників національних меншин. У зв'язку із наведеним в США запроваджено механізм раннього виявлення офтальмологічних проблем через скринінг зору, реалізація якого дозволяє попередити або своєчасно діагностувати не лише хвороби ока та його додаткового апарату в дитячому віці, а й пов'язану із ним затримку розвитку таких дітей [24].

Наукові дослідження аргументовано доводять, що предиктивність медичного нагляду в поєднанні із персоніфікованим підходом до надання офтальмологічної допомоги пацієнтам є економічно обґрунтованою. Саме акцент на профілактиці, а не на лікуванні є надважливим щодо розвитку офтальмологічних ускладнень поширених хронічних неінфекційних хвороб, таких як артеріальна гіпертензія, цукровий діабет, системні захворювання тощо [16].

Сучасні медико-профілактичні технології все більше покладаються на оперативність і точність використання інформаційних технологій з елементами штучного інтелекту. Так, для проведення скринінгу офтальмологічних ускладнень цукрового діабету широко використовують базову модель CAREVL, її доступність для пацієнтів покращує прихильність до діагностичних обстежень та їх регулярності [5].

Одночасно з цим, точаться активні наукові дискусії щодо доцільності проведення скринінгових досліджень функцій зору в умовах закладів первинної медичної допомоги. У Великобританії, Нідерландах, США, та Австралії перевірка функцій зору входить до багатокomпонентного скринінгового обстеження для осіб старшого віку, які проводять лікарі загальної практики-сімейної медицини. Встановлено, що перевірка функцій зору в умовах сімейних амбулаторій має низьку чутливість і специфічність, значна частина пацієнтів відмовляються від його проведення з цих причин [6].

Виявлена нерівність доступу до спеціалізованих офтальмологічних послуг є однією з причин того, що пацієнти з низьким матеріальним становищем частіше страждають на розлади функцій зору, рідше користуються послугами офтальмолога та рідше дотримуються призначеного графіку обстежень та лікування. Біженці та мігранти, проживаючи частіше в віддалених сільських районах та малозабезпечених районах потерпають від нерівності в доступі до якісних офтальмологічних послуг [13].

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження умов формування здоров'я зорового аналізатора, впливу доступності медико-профілактичних послуг системи охорони здоров'я на його формування в сучасних умовах зберігає свою актуальність. Особливо загостреними залишаються проблеми доступності спеціалізованих офтальмологічних послуг для малозабезпечених верств населення, до яких, в тому числі, віднесені вимушено переміщені особи та біженці, які потерпають від проблем відсутності житла, роботи та втрати попереднього соціального оточення. В умовах активного збройного конфлікту, який продовжує точитися на території України, проблеми вимушено переміщених осіб та біженців, пов'язані із здоров'ям відходять на другий план. Натомість зростають хвилювання за здоров'я і життя рідних і близьких, які залишилися на окупованій території, знаходяться в лавах Об'єднаних Збройних Сил України або про соціально-побутові проблеми.

Враховуючи безсимптомність початку більшості офтальмологічних захворювань, зростання питомої ваги офтальмологічних ускладнень хронічних соматичних захворювань, зокрема таких як офтальмологічні ускладнення цукрового діабету, обґрунтованими є періодичні консультації спеціаліста офтальмолога, які для значної частини вимушено переміщених осіб (ВПО) та біженців є недоступними з різних причин.

Враховуючи унікальні умови вимушено переміщених осіб (ВПО) та біженців з України, проблеми із якими вони стикаються в умовах нового місця проживання, доцільно було б запровадити скринінгові лікувально-профілактичні огляди офтальмолога або скринінгові перевірки функцій зору в умовах сімейної амбулаторії або Центру первинної медико-санітарної допомоги по їх місцю проживання.

ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Реалізація вищенаведеного вимагає наявності необхідного офтальмологічного обладнання, навичок та вмінь від персоналу сімейних амбулаторій, сімейних лікарів щодо оцінки досліджених функцій зору або обґрунтованого призначення комплексного офтальмологічного обстеження у осіб із хронічною неінфекційною патологією для раннього виявлення можливих офтальмологічних ускладнень, як наприклад, при цукровому діабеті, прояви ранніх стадій

яких є абсолютно безсимптомними. З іншого боку, висока вартість офтальмологічного обладнання, дефіцит офтальмологів, формують умови для зниження доступності офтальмологічних послуг для ВПО та біженців. Особливо низькою є територіальна та економічна доступність офтальмологічних послуг для біженців з України, які тимчасово перебувають в таких країнах, як Великобританія, Нідерланди, Австралія та США. Предметом подальших досліджень можуть стати організаційні шляхи та методи подолання бар'єрів доступності спеціалізованої офтальмологічної допомоги для малозабезпечених верств населення, які потерпають від складних соціально-економічних умов. До них в першу чергу мають бути віднесені ВПО та біженці з України, які з причини втрати житла, порушення прав людини в умовах активного збройного конфлікту змушені були прийняти рішення покинути своє місце проживання.

ВИСНОВКИ

1. Враховуючи надзвичайну важливість формування та збереження здорових зорових функцій в різних вікових групах населення, які в умовах розвитку диджиталізації та цифровізації є важливими для освіти, працевлаштування і соціалізації, доступність медико-профілактичних спеціалізованих офтальмологічних послуг є важливим компонентом організації медичного нагляду.

2. Особливою категорією населення стають вимушено переміщені особи, біженці, які наражаючись на комплекс нагальних побутових та соціально-економічних проблем, відсувають потребу проходження профілактичного офтальмологічного огляду на другий план. У таких умовах зростає ризик безсимптомного початку і розвитку офтальмологічних ускладнень більшості хронічних неінфекційних захворювань, а також розвитку патології зорового аналізатора, поширеність якої доведено зростає з віком.

3. Огляд сучасної наукової літератури доводить зростання актуальності досліджень з розробки та апробації медичних технологій та методів підвищення доступності офтальмологічної допомоги саме для цієї категорії населення.

REFERENCES

1. Ackland P, Resnikoff S, Bourne R. World blindness and visual impairment: despite many successes,

- the problem is growing. *Community Eye Health*. 2017; 30(100):71–3.
2. **Ahmed M, Whitestone N, Patnaik JL, Hossain MA, Husain L, Alauddin M, et al.** Burden of eye disease and demand for care in the Bangladesh Rohingya displaced population and host community: A cohort study. *PLoS Med*. 2020 Mar 31;17(3):e1003096. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003096>
3. **Bastawrous A, Suni AV.** Thirty Year Projected Magnitude (to 2050) of Near and Distance Vision Impairment and the Economic Impact if Existing Solutions are Implemented Globally. *Ophthalmic Epidemiol*. 2020 Apr;27(2):115–20. doi: <https://doi.org/10.1080/09286586.2019.1700532>
4. **Bourne R, Flaxman S, Braithwaite T, Cicinelli M, Das A, Jonas J, et al.** Magnitude, temporal trends, and projections of the global prevalence of blindness and distance and near vision impairment: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Global Health*. 2017;5(9):e888–97. doi: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(17\)30293-0](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(17)30293-0)
5. **Channa R, Wolf RM, Abramoff MD, Lehmann HP.** Effectiveness of artificial intelligence screening in preventing vision loss from diabetes: a policy model. *NPJ Digit Med*. 2023 Mar 27;6(1):53. doi: <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00785-z>
6. **Clarke EL, Evans JR, Smeeth L.** Community screening for visual impairment in older people. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Feb 20;2(2):CD001054. doi: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001054.pub3>
7. **Féli SN, Emamian MH, Yaseri M, Riaz-Esfahani H, Hashemi H, Fotouhi A, Yazdani K.** Development and validation of prediction models for diabetic retinopathy in type 2 diabetes patients. *PLoS One*. 2025 Jul 10;20(7):e0325814. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0325814>
8. **Foreman J, Keel S, van Wijngaarden P, Bourne RA, Wormald R, Crowston J, Taylor HR, Dirani M.** Prevalence and Causes of Visual Loss Among the Indigenous Peoples of the World: A Systematic Review. *JAMA Ophthalmol*. 2018 May 1;136(5):567–80. doi: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2018.0597>
9. **Fricke TR, Tahhan N, Resnikoff S, Papas E, Burnett A, Ho SM, Naduvilath T, Naidoo KS.** Global Prevalence of Presbyopia and Vision Impairment from Uncorrected Presbyopia: Systematic Review, Meta-analysis, and Modelling. *Ophthalmology*. 2018 Oct;125(10):1492–9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.04.013>
10. **Garcia Morales EE, Powel DS, Gray A, Assi L, Reed NS.** Sensory Loss and its Association with Different Types of Departures from the Labor Force Among Older Adults in the US. *Work Aging Retire*. 2023 Apr 8;10(3):257–66. doi: <https://doi.org/10.1093/workar/waad010>
11. **GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators; Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study.** Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Health*. 2021 Feb;9(2):e144–60. doi: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30489-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30489-7)
12. **Goodman L, Reis T, Zhang JH, Yusufu M, Turnbull PR, Silwal P, et al.** Underserved groups could be better considered within population-based eye health surveys: a methodological study. *J Clin Epidemiol*. 2024 Sep;173:111444. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2024.111444>
13. **Hemmerich C, Jones G, Staggs J, Anderson RM, Bacani R, Vassar M.** Inequities and Research Gaps in Ophthalmology: A Scoping Review. *JAMA Ophthalmol*. 2023 Jan 1;141(1):63–70. doi: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2022.5237>
14. **Hussain AHME, Ahmed M, Vincent JE, Islam J, Sapkota YD, Das T, et al.** Rapid assessment of avoidable blindness and cataract surgery coverage among forcibly displaced Myanmar Nationals (Rohingya refugees) in Cox's Bazar, Bangladesh. *PLoS One*. 2020 Dec 1; 15(12):e0243005. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243005>
15. **Kozek E, Górska A, Fross K, Marcinowska A, Citkowska A, Sieradzki J.** Przewlekłe powikłania i czynniki ryzyka u chorych na cukrzycę 1 typu – analiza retrospektywna [Chronic complications and risk factors in patients with type 1 diabetes mellitus – retrospective analysis]. *Przegl Lek*. 2003;60(12):773–7. Polish. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15058014/>
16. **Kropp M, Golubnitschaja O, Mazurakova A, Koklesova L, Sargheini N, Vo TKS, et al.** Diabetic retinopathy as the leading cause of blindness and early predictor of cascading complications-risks and mitigation. *EPMA J*. 2023 Feb 13;14(1):21–42. doi: <https://doi.org/10.1007/s13167-023-00314-8>
17. **Lin Y, Chu C, Chen Q, Xiao J, Wan C.** Factors influencing utilization of primary health care by elderly internal migrants in China: the role of social contacts. *BMC Public Health*. 2020 Jul 3;20(1):1054. doi: <https://doi.org/10.1186/s12889-020-09178-3>
18. **Lu VI, Patnaik JL, Scott RA, Lynch AM, Smith JM, Mandava N, Manoharan N.** Risk Factors and Outcomes of Delayed Presentation of Diabetic Retinopathy Patients to a County Hospital. *Transl Vis Sci Technol*. 2023 Sep 1;12(9):8. doi: [10.1167/tvst.12.9.8](https://doi.org/10.1167/tvst.12.9.8)
19. **Nejatian MM, Dawkins R, Al-Yasery E, Razavi H.** Eyes Offshore: Reporting the Eye Health Needs of Refugees and Asylum Seekers in Australia's Offshore Detention Centres. *Clin Exp Ophthalmol*. 2025 Jul; 53(5):457–69. doi: <https://doi.org/10.1111/ceo.14508>
20. **Ng SK, Kahawita S, Andrew NH, Henderson T, Craig JE, Landers J.** Association of Visual Impairment and All-Cause 10-Year Mortality Among Indigenous Australian Individuals Within Central Australia: The Central Australian Ocular Health Study. *JAMA Ophthalmol*. 2018 May 1;136(5):534–7. doi: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2017.6787>
21. **Perais J, Agarwal R, Evans JR, Loveman E, Colquitt JL, Owens D, et al.** Prognostic factors for the development and progression of proliferative diabetic retinopathy in people with diabetic retinopathy. *Cochrane Database Syst Rev*. 2023 Feb 22;2(2):CD013775. doi: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD013775.pub2>

22. Qian CX, Zhao Y, Anindya K, Tenneti N, Desloge A, Atun R, Qin VM, Mulcahy P, Lee JT. Non-communicable disease risk factors and management among internal migrant in China: systematic review and meta-analysis. *BMJ Glob Health*. 2021 Sep;6(9):e003324. doi: <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2020-003324>
23. Tatsuta W, Inayama T, Yamanaka E, Ohkawara K. Assessment of Physical Activity and Related Factors among Adults with Visual Impairments in Japan. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Feb 16;19(4):2244. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph19042244>
24. Varma R, Tarczy-Hornoch K, Jiang X. Visual Impairment in Preschool Children in the United States: Demographic and Geographic Variations From 2015 to 2060. *JAMA Ophthalmol*. 2017 Jun 1;135(6):610–6. doi: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2017.1021>
25. Varma R, Vajaranant TS, Burkemper B, Wu S, Torres M, Hsu C, Choudhury F, McKean-Cowdin R. Visual Impairment and Blindness in Adults in the United States: Demographic and Geographic Variations From 2015 to 2050. *JAMA Ophthalmol*. 2016 Jul 1;134(7):802–9. doi: <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2016.1284>
26. Verbeek E, Drewes YM, Gussekloo J. Visual impairment as a predictor for deterioration in functioning: the Leiden 85-plus Study. *BMC Geriatr*. 2022 May 6;22(1):397. doi: <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03071-x>
27. Weinreich KJ, Frankova I, Maksymets N, Barbui C, Klymchuk V, Mooren T, et al. Implementing scalable face-to-face and digital interventions among forcibly displaced persons from Ukraine in Europe: protocol of The U-RISE Project. *Eur J Psychotraumatol*. 2025 Dec;16(1):2468117. doi: <https://doi.org/10.1080/20008066.2025.2468117>

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження здійснено без фінансової підтримки.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

При написанні статті генеративний штучний інтелект не використовувався.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

ПОВЧ Зореслава: концептуалізація, методологія, формальний аналіз, написання — підготовка початкового варіанту рукопису. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6358-850X>

ОСАУЛЕНКО Софія: курування даних, дослідження, формальний аналіз. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5786-6526>

МЕДВЕДОВСЬКА Наталія: концептуалізація, методологія, написання — рецензування та редагування, валідація, наукове керівництво. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3061-6079>
e-mail: medvedovsky@ukr.net

SOURCES OF FUNDING

The study was conducted without financial support.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

APPLICATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Generative artificial intelligence was not used in the preparation of this manuscript.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

POVCH Zoreslava: conceptualization, methodology, formal analysis, writing — original draft. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6358-850X>

OSAULENKO Sofia: data curation, investigation, formal analysis. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5786-6526>

MEDVEDOVSKA Natalia: conceptualization, methodology, writing — review & editing, validation, supervision. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3061-6079>
e-mail: medvedovsky@ukr.net

Отримано: 05.06.2026

Прийнято до друку: 01.07.2026

Опубліковано: 15.07.2026

Received: 05.06.2026

Accepted: 01.07.2026

Published: 15.07.2026



РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ДО ПОСТРЕЄСТРАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ЗАЛИШКОВИХ КІЛЬКОСТЕЙ ПЕСТИЦИДІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ СИРОВИНІ ЯГІДНИХ ТА БАШТАННИХ КУЛЬТУР

Білоус О.С.
Білоус С.В.
Гринзовський А.М.
Омельчук С.Т.

Національний
медичний університет
імені О.О. Богомольця,
м. Київ, Україна

- **МЕТА.** Метою дослідження є наукове обґрунтування та вирішення практичних питань, пов'язаних із моніторингом залишкових кількостей пестицидів у сільськогосподарській сировині ягідних та баштанних культур.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Натурні дослідження охоплювали 28 серій експериментів, спрямованих на вивчення поведінки досліджуваних пестицидів у ягідних та баштанних культурах із оцінкою динаміки їх залишкових кількостей у рослинній сировині. Вміст діючих речовин у відібраних зразках визначали методами високоефективної рідинної та газорідинної хроматографії.
- **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.** Обґрунтовано перелік пріоритетних діючих речовин для проведення постреєстраційного моніторингу залишків пестицидів у сільськогосподарській сировині. Розроблено узагальнену схему ризик-орієнтованого підходу до регламентації застосування пестицидів при вирощуванні ягідних та баштанних культур.
- **ВИСНОВКИ.** Обрані пестициди, які обов'язково потребують проведення моніторингових досліджень на постреєстраційному етапі у сільськогосподарській сировині: фунгіцид дифеноконазол, гербіцид пендиметалін, інсектицид абамектин, що дозволить знизити негативний вплив пестицидів на здоров'я працюючих і населення в цілому.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** громадське здоров'я, оцінка ризику, пестициди, харчова безпека, профілактична медицина.

RISK-BASED APPROACH TO POST-REGISTRATION MONITORING OF PESTICIDE RESIDUES IN BERRY AND MELON CROPS

Bilous O.S.
Bilous S.V.
Hrynzovskyi A.M.
Omelchuk S.T.

Bogomolets National
Medical University,
Kyiv, Ukraine

- **AIM.** The aim of the study is the scientific substantiation and addressing of practical challenges related to monitoring pesticide residues in raw agricultural materials of berry and melon crops.
- **MATERIALS AND METHODS.** Field studies included 28 series of experiments aimed at examining the behavior of the studied pesticides in berry and melon crops, assessing the dynamics of their residues in plant raw materials. The concentration of active ingredients in the selected samples was determined using high-performance liquid and gas chromatography.
- **RESULTS.** A list of priority active ingredients for post-registration monitoring of pesticide residues in agricultural raw materials was justified. A generalized scheme for a risk-oriented approach to regulating pesticide application in berry and melon cultivation was developed.
- **CONCLUSIONS.** The identified priority pesticides requiring mandatory post-registration monitoring in agricultural raw materials include the fungicide difenoconazole, the herbicide pendimethalin, and the insecticide abamectin. This will help reduce the adverse impact of pesticides on the health of both agricultural workers and the general population.
- **KEYWORDS:** public health, risk assessment, pesticides, food safety, preventive medicine.

ВСТУП

Контроль безпечності харчових продуктів рослинного походження є одним із пріоритетних напрямків сучасної гігієни харчування та системи громадського здоров'я. Крім токсичного впливу на організм людини, важливим є вивчення впливу пестицидів на біологічну цінність рослинної продукції [1]. У зв'язку з цим питання оцінки ризику, контролю та моніторингу вмісту пестицидів у харчових продуктах набуває особливої актуальності. Важливим

етапом системи постреєстраційного нагляду є визначення пріоритетних діючих речовин, які потребують лабораторного контролю з урахуванням токсикологічних властивостей, стабільності у навколишньому середовищі, здатності до біоаккумуляції та інтенсивності застосування [2]. Поеднання високої біологічної активності, стійкості та широкого використання пестицидів обумовлює необхідність удосконалення ризик-орієнтованого підходу до моніторингу їх залишків у продуктах харчування рослинного

походження [3]. Для забезпечення належного контролю безпечності харчової продукції особливого значення набуває застосування сучасних аналітичних методів, які дозволяють здійснювати швидко та точно визначення залишкових кількостей пестицидів [4]. Актуальність проблеми підтверджується даними Європейського агентства з безпеки харчових продуктів (EFSA), згідно з якими у 2022 році 3,7% досліджених зразків харчових продуктів перевищували максимально допустимі рівні залишків пестицидів [5]. У зв'язку з цим актуальним є впровадження ризик-орієнтованого підходу до моніторингу залишкових кількостей пестицидів у ягідних та баштанних культурах на постреєстраційному етапі.

Мета роботи — наукове обґрунтування та вирішення практичних питань, пов'язаних із моніторингом залишкових кількостей пестицидів у сільськогосподарській сировині ягідних та баштанних культур.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Натурні дослідження включали 28 серій експериментів, спрямованих на вивчення поведінки досліджуваних пестицидів у ягідних та

баштанних культурах із визначенням динаміки залишкових кількостей діючих речовин у рослинній сировині. Кількісний вміст пестицидів у відібраних зразках визначали із застосуванням методів високоефективної рідинної та газорідинної хроматографії. Об'єктами дослідження були 16 діючих речовин пестицидів, що належали до груп фунгіцидів, гербіцидів та інсектицидів, перелік яких наведено в *табл. 1*. Методологічну основу проведених розрахунків, алгоритмів оцінки ризику та критеріїв моніторингу залишків пестицидів склали наукові публікації [6–7]. Зокрема, підходи до гігієнічного нормування та моніторингу повітряного середовища, використані в даному дослідженні, ґрунтуються на результатах наших попередніх розробок, опублікованих у [8]. Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали з використанням програмного пакету MedStat v. 5.2 [9].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Натурні дослідження проводили в різних ґрунтово-кліматичних зонах України з урахуванням особливостей технологій застосування пестицидів у агропромисловому секторі (штан-

Таблиця 1. Розподіл пестицидів за ступенем ризику та пріоритетністю моніторингу в сільськогосподарській сировині

Препарат	Діюча речовина	Токсикологічна небезпека (бал)	Харчова небезпека (бал)	Сумарний бал	Висновок
Апрон	Металаксил-М	5	4	9	Не обов'язково
Сігнум	Боскалід	4	6	10	Бажано
Максим	Флудіоксоніл	6	4	10	Бажано
Серкадіс Плюс	Флуксапіроксад	5	6	11	Бажано
Кітч	Ципродиніл	5	6	11	Бажано
Тринол	Фенгексамід	5	6	11	Бажано
Амістар Голд	Азоксистробін	5	6	11	Бажано
Світч	Ципродиніл	5	6	11	Бажано
Сігнум	Піраклостробін	5	6	11	Бажано
Ридоміл Голд	Хлорокис міді	6	5	11	Бажано
Дуал Голд	S-метолахлор	7	4	11	Бажано
Кітч	Флудіоксоніл	6	6	12	Бажано
Світч	Флудіоксоніл	6	6	12	Бажано
Юніформ	Азоксистробін	5	7	12	Бажано
Юніформ	Металаксил-М	5	7	12	Бажано
Ридоміл Голд	Металаксил-М	5	7	12	Бажано
Герболекс	Гліфосат	7	5	12	Бажано
Топаз	Пенконазол	8	6	14	Бажано
Протект	Спіродиклофен	7	7	14	Бажано
Амістар Голд	Дифеноконазол	8	7	15	Обов'язково
Стомп Аква	Пендиметалін	8	7	15	Обов'язково
Серкадіс Плюс	Дифеноконазол	8	8	16	Обов'язково
Вертімек	Абабектин	9	7	16	Обов'язково

гове обприскування) та особистих приватних господарствах (ранцеве внесення).

В результаті виконаних натурних досліджень обґрунтовано 20 максимально допустимих рівнів (МДР) залишків пестицидів у ягодах, баштанних культурах та продуктах їх переробки, зокрема для флудіоксонілу, ципродинілу, дифеноконазолу, флуксапіроксаду, пендиметаліну та азоксистробіну. Отримані нормативи були використані при оцінці харчової безпеки та визначенні пріоритетності постреєстраційного моніторингу досліджуваних діючих речовин.

З метою мінімізації ризику надходження залишкових кількостей пестицидів до харчової продукції було адаптовано ризик-орієнтований підхід до оцінки небезпечності діючих речовин, який базувався на інтеграції токсикологічних характеристик та показників харчової безпеки (табл. 1). Узагальнену логіко-структурну схему прийняття рішень щодо необхідності постреєстраційного моніторингу наведено на рис. 1. Оцінювання проводили за двома основними блоками:

- токсикологічна небезпечність діючої речовини;
- харчова безпека.

Інтегральний показник ризику визначали шляхом сумарної бальних оцінок окремих критеріїв. Відповідно до отриманого значення встановлювали рівень пріоритетності моніторингу: 6–9 балів — моніторинг не є пріоритетним; 10–

14 балів — рекомендований вибірковий (плановий) моніторинг; 15–19 балів — обов'язковий постреєстраційний моніторинг; 20–22 бали — необхідність перегляду регламентів застосування або заборони використання речовини.

Результати інтегральної оцінки показали, що до категорії обов'язкового постреєстраційного моніторингу віднесено дифеноконазол, пендиметалін та абамектин. Для інших досліджуваних діючих речовин обґрунтовано доцільність проведення планового або вибіркового лабораторного контролю залежно від рівня інтегрального показника безпеки. Результати дослідження узгоджуються з міжнародними даними щодо необхідності пріоритетного моніторингу дифеноконазолу, пендиметаліну та абамектину як речовин із підвищеним потенціалом ризику для здоров'я населення та довкілля [2, 5].

Запропонований алгоритм дозволяє оптимізувати систему постреєстраційного нагляду за залишками пестицидів у сільськогосподарській сировині шляхом концентрації аналітичних ресурсів на діючих речовинах із найвищим профілем ризику. Практичне впровадження такого підходу сприятиме підвищенню рівня харчової безпеки населення та удосконаленню системи гігієнічного контролю у сфері застосування засобів захисту рослин.

Визначені діючі речовини, які слід враховувати при проведенні моніторингу, наочно представлені на рис. 2–4.

ТОКСИКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА					ХАРЧОВА НЕБЕЗПЕКА				
Допустима добова доза (ДДД), мг/кг	>0,02	0,0051–0,02	0,0021–0,005	≤0,002	Період напівруйнування (t ₅₀) в рослинах, доба	<5	5–14	15–30	>30
Клас небезпечності згідно з ДСанПіН 8.8.1.002-98	4	3	2	1	Ризик для населення при вживанні харчових продуктів (ХП)	≤1	>1	—	—
Ендокринний дизраптор	НВ	СЕ	ВЕ	НВЕ	Інтегральний показник небезпечності при вживанні продуктів (ІПНВХП), бали	≤4	5–6	7–8	≥9
Розподіл балів	1	2	3	4	Розподіл балів	1	2	3	4
Необхідність моніторингу в сільськогосподарській сировині	Не обов'язково		Бажано		Обов'язково		Заборона використання		
	6–9		10–14		15–19		20–22		

Рис. 1. Алгоритм ризик-орієнтованого підходу до регламентації пестицидів для захисту ягідних та баштанних культур

Примітки: КН — клас небезпечності; ДДД — допустима добова доза; ІПНВХП — інтегральний показник небезпечності при вживанні продуктів; ХП — харчові продукти; T₅₀ — період руйнації пестициду на 50%, діб; НВ — не впливає; СЕ — слабкий ефект; ВЕ — виражений ефект; НВЕ — надзвичайно виражений ефект; КН — клас небезпечності.

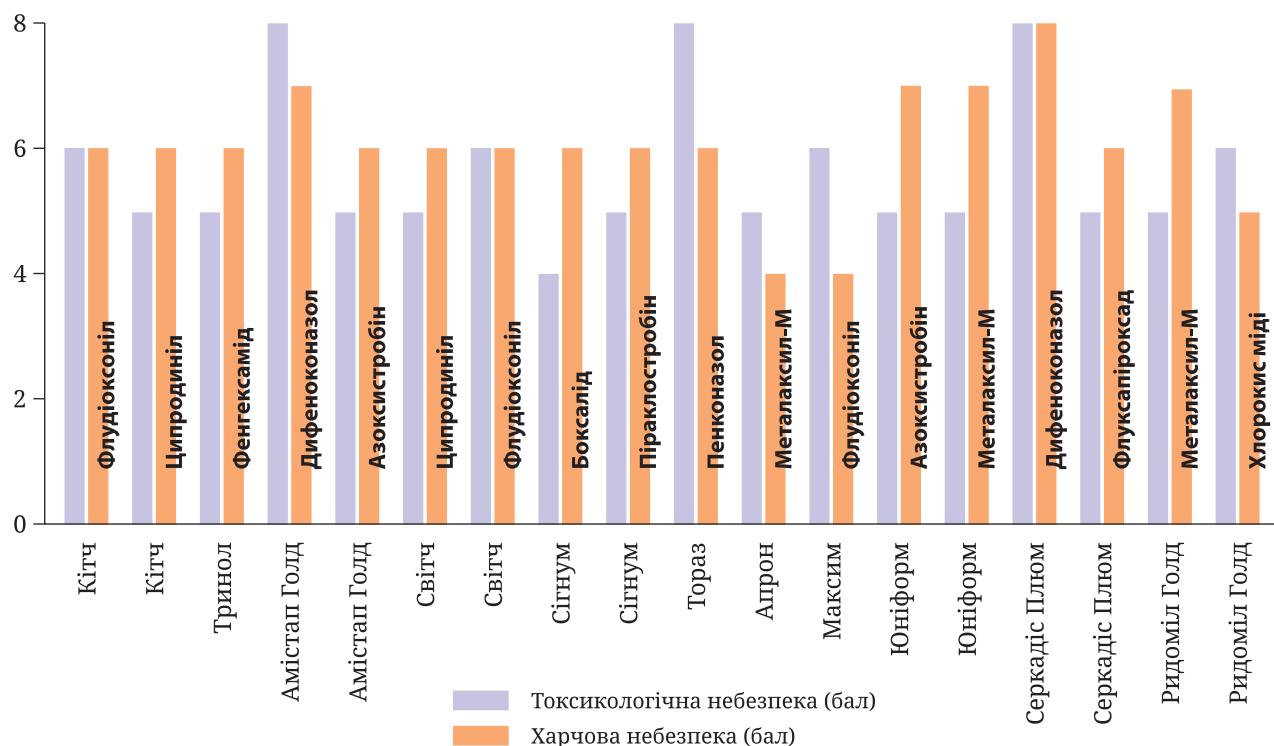


Рис. 2. Розподіл фунгіцидів, рекомендованих для захисту ягідних та баштанних культур, за показниками токсикологічної та харчової небезпеки

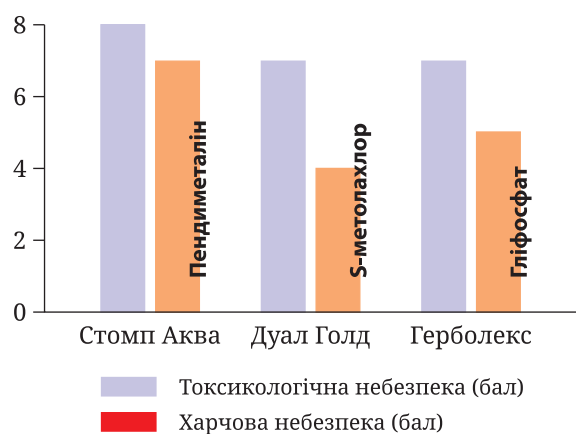


Рис. 3. Розподіл гербіцидів, рекомендованих для захисту ягідних та баштанних культур, за показниками токсикологічної та харчової небезпеки

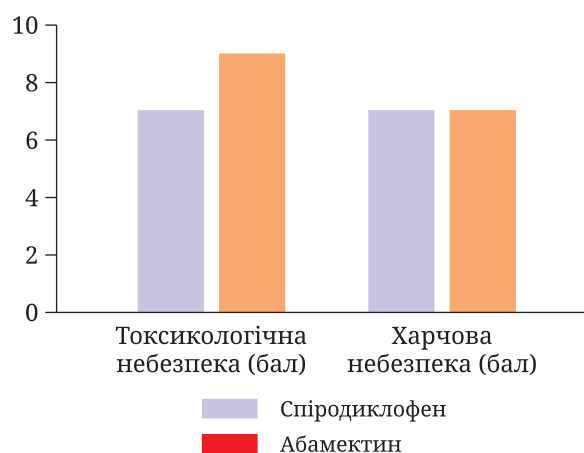


Рис. 4. Розподіл інсектицидів, рекомендованих для захисту ягідних та баштанних культур, за показниками токсикологічної та харчової небезпеки

ВИСНОВКИ

За результатами роботи запропоновано науково-методичний підхід до оцінки ризиків при використанні пестицидів на ягідних та баштанних культурах.

Сформовано систему гігієнічних критеріїв, що дає змогу обґрунтовано визначати необхідність постреєстраційного аналітичного нагляду. Виокремлено пріоритетні діючі речовини

(дифеноконазол, пендиметалін, абамектин), які потребують обов'язкового моніторингу залишкових кількостей у сільськогосподарській сировині.

Впровадження розробленого алгоритму дозволяє оптимізувати контроль якості продукції та мінімізувати потенційний негативний вплив хімічних чинників на здоров'я як професійних контингентів, так і споживачів.

REFERENCES

1. Hulai T, Kuzminska O, Omelchuk S, Hrynzovskyi A, Trunina T, Blagaia AV. Hygienic assessment of the influence of pesticides on the fatty composition of sunflower seed lipids. *Wiadomosci Lekarskie*. 2022; 75(4 Pt 1):848–52.
doi: <https://doi.org/10.36740/WLek202204118>
2. Vryzas Z, Ramwell C, Sans C. Pesticide prioritization approaches and limitations in environmental monitoring studies: From Europe to Latin America and the Caribbean. *Environment International*. 2020;143:105917.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105917>
3. Wahab S, Muzammil K, Nasir N, Khan MS, Ahmad ME, Khalid M, et al. Advancement and New Trends in Analysis of Pesticide Residues in Food: A Comprehensive Review. *Plants*. 2022;11(9):1106.
doi: <https://doi.org/10.3390/plants11091106>
4. Botnaru AA, Lupu A, Morariu PC, Nedelcu AH, Morariu BA, Di Gioia ML, et al. Innovative Analytical Approaches for Food Pesticide Residue Detection: Towards One Health-Oriented Risk Monitoring. *Journal of Xenobiotics*. 2025; 15(5):151.
doi: <https://doi.org/10.3390/jox15050151>
5. European Food Safety Authority (EFSA), Carrasco Cabrera L, Di Piazza G, Dujardin B, Marchese E, Medina Pastor P. The 2022 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA Journal*. 2024;22(4):e8753.
doi: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2024.8753>
6. Antonenko AM, Vavrinevych OP, Omelchuk ST, Bardov VG, Borysenko AA. Hihienichne obgruntuvannia kryteriiv vidboru dla provedennia monitorynhu pestytsydiv u silskohospodarskii syrovyni, kharchovykh produktakh ta grunti na prykladi funhitysydiv [Hygienic grounds for selection criteria for pesticide detection in agricultural commodities, food products and soil (example for fungicides)]. *Actual Problems of Modern Medicine: Bulletin of the Ukrainian Medical Stomatological Academy*. 2019;19(3):104–8. Ukrainian.
doi: <https://doi.org/10.31718/2077-1096.19.3.104>
7. Antonenko AM, Vavrinevych OP, Omelchuk ST, Shpak BI, Korshun MM. Improvement of the monitoring system in the environment of pesticides affecting thyroid gland. *Environment & Health*. 2019;93(4):13–7.
doi: <https://doi.org/10.32402/dovkil2019.04.012>
8. Bilous O, Bilous S. Obgruntuvannia kryteriiv provedennia monitorynhu u povitri pestytsydiv, rekomendovanykh dla zakhystu yahidnykh ta bashtannykh kultur [Substantiation of monitoring criteria in the air pesticides recommended for the protection of berry and melon cultures]. In: *Actual problems of preventive medicine*. 2025. p. 40–50. Ukrainian.
doi: <https://doi.org/10.36059/978-966-397-521-4-3>
9. Liakh YuYe, Hurianov VH. Author's package MedStat v. 5.2. 2003-2019.

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконано без зовнішнього фінансування. Автори не отримували грантів чи іншої фінансової підтримки від будь-яких установ чи компаній.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

При написанні статті генеративний штучний інтелект не використовувався.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

БІЛОУС Ольга: концептуалізація, курація даних, дослідження, візуалізація, написання — оригінальний проєкт.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2230-9642>

e-mail: bil_os@ukr.net

БІЛОУС Сергій: методологія, формальний аналіз, написання — перегляд та редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1593-6445>

ГРИНЗОВСЬКИЙ Анатолій: адміністрування проєкту, методологія, написання — перегляд та редагування.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8391-5294>

ОМЕЛЬЧУК Сергій: адміністрування проєкту, написання — перегляд та редагування.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3678-4241>

Отримано: 12.06.2026

Прийнято до друку: 01.07.2026

Опубліковано: 15.07.2026

SOURCES OF FUNDING

The research was conducted without external funding. The authors did not receive any grants or other financial support from any institutions or companies.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

APPLICATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Generative artificial intelligence was not used in the preparation of this article.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

BILOUS Olha: conceptualization, data curation, investigation, visualization, writing — original draft.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2230-9642>

e-mail: bil_os@ukr.net

BILOUS Serhii: methodology, formal analysis, writing — review and editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1593-6445>

HRYNZOVSKYI Anatolii: project administration, methodology, writing — review and editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8391-5294>

OMELCHUK Serhii: project administration, writing — review and editing.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3678-4241>

Received: 12.06.2026

Accepted: 01.07.2026

Published: 15.07.2026



LACTIC ACID BACTERIA ENZYMES: CHARACTERISTICS, CLASSIFICATION AND BIOTECHNOLOGICAL SIGNIFICANCE

Garkava K.G.¹
Yalovenko O.I.¹
Rudnytska O.P.²

¹ National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

² State Institution «Marzief Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine

- **AIM.** To summarize current knowledge on the classification, characteristics, and biotechnological significance of enzyme systems of lactic acid bacteria (LAB).
- **MATERIALS AND METHODS.** A narrative review of scientific literature indexed in PubMed/MEDLINE, Scopus, and Web of Science was conducted using comparative and analytical approaches.
- **RESULTS.** The main enzyme systems of LAB were analyzed, including proteolytic enzymes, glycoside hydrolases, lipolytic enzymes, and enzymes involved in exopolysaccharide synthesis. Particular attention was paid to cell-envelope proteinases, intracellular peptidases, β -galactosidase, phosphoketolase, glucosyltransferases, esterases, and lipases. Their roles in proteolysis, carbohydrate metabolism, flavor and aroma formation, lactose hydrolysis, and texture development in fermented dairy and meat products were characterized. The industrial significance of LAB enzymes in the production of cheese, yogurt, kefir, sourdough bread, lactose-free products, galactooligosaccharides, and dextran was discussed.
- **CONCLUSIONS.** LAB enzyme systems determine the technological and functional properties of fermented foods and represent promising targets for modern food biotechnology.
- **KEYWORDS:** *lactic acid bacteria, enzymatic activity, proteolytic enzymes, food biotechnology.*

ФЕРМЕНТИ МОЛОЧНОКИСЛИХ БАКТЕРІЙ: ХАРАКТЕРИСТИКА, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА БІОТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

Гаркава К.Г.¹
Яловенко О.І.¹
Рудницька О.П.²

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

² Державна установа «Інститут громадського здоров'я імені О.М. Марзеєва Національної академії медичних наук України», м. Київ, Україна

- **МЕТА.** Узагальнити сучасні дані щодо класифікації, характеристик і біотехнологічного значення ферментних систем молочнокислих бактерій (МКБ).
- **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ.** Проведено наративний огляд наукової літератури, індексованої в базах даних PubMed/MEDLINE, Scopus та Web of Science, із застосуванням порівняльного та аналітичного підходів.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Проаналізовано основні ферментні системи МКБ, зокрема протеолітичні ферменти, глікозидгідролази, ліполітичні ферменти та ферменти синтезу екзополісахаридів. Особливу увагу приділено клітинно-зв'язаним протеїназам, внутрішньоклітинним пептидазам, β -галактозидазі, фосфокетолазі, глюкостилтрансферазам, естеразам і ліпазам. Охарактеризовано їхню роль у протеолізі, метаболізмі вуглеводів, формуванні смаку й аромату, гідролізі лактози та формуванні текстури ферментованих молочних і м'ясних продуктів. Розглянуто промислове значення ферментів LAB у виробництві сирів, йогурту, кефіру, заквасочного хліба, безлактозних продуктів, галактоолігосахаридів і декстрану.
- **ВИСНОВКИ.** Ферментні системи LAB визначають технологічні та функціональні властивості ферментованих продуктів і є перспективними об'єктами сучасної харчової біотехнології.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *молочнокислі бактерії, ферментативна активність, протеолітичні ферменти, харчова біотехнологія.*

INTRODUCTION

Lactic acid bacteria (LAB) are a heterogeneous group of Gram-positive facultatively anaerobic microorganisms that produce lactic acid as the major end product of carbohydrate fermentation. This group includes representatives of the genera *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, and related taxa [1, 2].

LAB are widely used as starter cultures in the production of fermented dairy products, cheeses, fermented vegetables, sourdough bread, and fer-

mented meat products due to their technological and probiotic properties [3, 4].

The technological importance of LAB is primarily associated with their enzyme systems. LAB enzymes participate in the hydrolysis of proteins, carbohydrates, and lipids, ensuring nutrient acquisition and contributing to the formation of flavor, aroma, texture, and functional properties of fermented foods [5].

Recent advances in genomics and biotechnology have significantly expanded knowledge regarding

the organization and regulation of LAB enzyme systems [6, 7].

Despite considerable progress, several aspects of LAB enzymatic activity remain insufficiently understood, particularly regulatory responses to technological stress and the interaction of enzymes involved in flavor formation.

The aim of this article is to summarize current knowledge on the classification, characteristics, and biotechnological significance of LAB enzyme systems.

MATERIALS AND METHODS

This article is a narrative review based on a systematic analysis of scientific literature indexed in the PubMed/MEDLINE, Scopus, and Web of Science databases. The search included the keywords lactic acid bacteria, enzyme systems, proteolytic system, β -galactosidase, lipase, esterase, exopolysaccharide, and starter cultures.

The collected data were comparatively analyzed using literature review methods. Enzyme classification was based on the principles of the International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB). Information regarding substrate specificity, cellular localization, and industrial applications of LAB enzymes was also considered.

To evaluate the distribution of enzymatic activities among LAB species, published phenotypic data and genomic information from public databases including GenBank, UniProt, and KEGG were analyzed.

REVIEW

General characteristics and classification of LAB enzymes. The enzyme systems of lactic acid bacteria include several functional classes that differ in catalytic activity, localization, and physiological role [1, 8]. The major groups comprise hydrolases (proteinases, peptidases, glycoside hydrolases, lipases, esterases), oxidoreductases, transferases, and isomerases. Among them, hydrolases are the most important for food biotechnology because they participate in the degradation of proteins, carbohydrates, and lipids during fermentation [1, 3].

According to cellular localization, LAB enzymes may be surface-associated, cytoplasmic, or extracellular. Most enzymes are intracellular and become active in food systems mainly after bacterial cell lysis [5, 9]. Surface-associated enzymes, particularly cell-envelope proteinases, initiate the hydrolysis of milk proteins, whereas extracellular glucansucrases synthesize exopolysaccharides from sucrose.

Table 1. Major enzyme systems of LAB and their characteristics

Enzyme	EC number	Localization	Substrate	Main function	Practical significance
CEP proteinase (PrtP)	3.4.21.96	Cell surface	α S1-, β -casein	Initiation of proteolysis, nitrogen nutrition	Cheese ripening, flavor peptides
Endopeptidase PepO	3.4.24.-	Cytoplasm	Oligopeptides	Hydrolysis of oligopeptides	Flavor formation
Aminopeptidase PepN	3.4.11.2	Cytoplasm	Lys-, Ala-, Arg-containing peptides	Release of N-terminal amino acids	Bitterness/flavor development in cheese
β -Galactosidase (LacZ)	3.2.1.23	Cytoplasm	Lactose	Hydrolysis of lactose to Glc+Gal	Lactose-free products, GOS formation
Phospho- β -galactosidase	3.2.1.85	Cytoplasm	Lactose-6-P	Hydrolysis of phosphorylated lactose	Lactose utilization in lactococci
Phosphoketolase	4.1.2.9	Cytoplasm	Xylulose-5-P	Pentose breakdown	Heterofermentation, aroma formation
Esterase/lipase	3.1.1.1/ 563.1.1.3	Cytoplasm/ surface	Triglycerides, fatty acid esters	Lipolysis, ester synthesis	Flavor of cheese and meat products
Glucansucrase (dextransucrase)	2.4.1.5	Extracellular	Sucrose	Dextran synthesis	Thickener, food additive
NADH oxidase	1.6.3.4	Cytoplasm	NADH, O ₂	Protection against O ₂ -stress	Probiotic survival

Comparative genomic studies indicate that the general organization of LAB enzyme systems is relatively conserved among different species, although enzymatic activity and substrate specificity vary considerably at the strain level [7]. These differences largely determine the technological properties of starter cultures, including flavor development, texture formation, and exopolysaccharide production.

Proteolytic system of LAB. The proteolytic system is one of the best-characterized enzyme systems of LAB and plays a crucial role in bacterial growth in milk, where the concentration of free amino acids is limited [7, 10]. The system functions through three main stages: extracellular protein hydrolysis, peptide transport into the cell, and intracellular peptide degradation.

- *Cell-envelope proteinases.* Cell-envelope proteinases (CEP) are surface-associated serine endoproteinases responsible for the initial hydrolysis of casein into oligopeptides [5, 11]. These enzymes differ in substrate specificity among LAB species and strains, which significantly influences cheese ripening and flavor development. Lactococcal and lactobacillar CEPs exhibit similar mechanisms of action despite taxonomic differences, reflecting the conserved nature of the proteolytic system [10, 11].

The genes encoding CEPs are commonly associated with regulatory elements controlling enzyme expression under peptide-limited conditions [11]. Increased proteolytic activity enhances nutrient availability and contributes to the accumulation of flavor-forming peptides and amino acids in fermented dairy products.

- *Peptide transport systems.* Peptides generated by extracellular proteolysis are transported into the bacterial cell by ATP-dependent transport systems, mainly Opp, Dpp, and DtpT [7]. Among these, the Opp system is considered the most important because of its broad substrate specificity and ability to transport oligopeptides of different lengths.

Studies have demonstrated that defects in peptide transport systems significantly reduce bacterial growth in milk, confirming their essential role in LAB metabolism and adaptation to dairy environments [12].

- *Intracellular peptidases.* Inside the cell, peptides are hydrolyzed by intracellular peptidases that release free amino acids used for metabolism and aroma formation [7, 9]. LAB possess aminopeptidases, endopeptidases, and proline-specific peptidases differing in substrate specificity and catalytic properties.

PepN is one of the most widespread aminopeptidases and participates in the degradation of a broad range of peptides [9]. Proline-specific peptidases are particularly important because proline-rich casein peptides are resistant to hydrolysis and may contribute to bitterness in cheese when insufficiently degraded [12].

Endopeptidases such as PepO and PepF further hydrolyze oligopeptides into smaller fragments involved in flavor formation during cheese ripening [7]. Overall, the coordinated activity of CEPs, peptide transporters, and intracellular peptidases determines the efficiency of proteolysis and strongly influences the sensory properties of fermented dairy products.

Glycoside hydrolase systems of LAB. Carbohydrate metabolism in LAB depends on the coordinated activity of transport systems and glycoside hydrolases. Lactose is the principal carbohydrate substrate in dairy fermentations, and its metabolism is among the best-characterized enzymatic processes in LAB [13, 14].

- *β -Galactosidase and lactose metabolism.* In many LAB species, including *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*, lactose is transported into the cell and hydrolyzed by β -galactosidase into glucose and galactose [13]. Glucose enters glycolysis directly, whereas galactose is metabolized through the Leloir pathway.

Besides lactose hydrolysis, β -galactosidase can catalyze transgalactosylation reactions leading to the formation of galactooligosaccharides (GOS), which exhibit prebiotic properties and stimulate the growth of beneficial intestinal microbiota [14, 15]. Therefore, LAB β -galactosidases are widely applied in the production of lactose-free and functional dairy products.

- *Phospho- β -galactosidase pathway.* In *Lactococcus lactis* and related species, lactose uptake occurs through the phosphotransferase system (PEP-PTS), where lactose is phosphorylated during transport [13]. The resulting lactose derivatives are hydrolyzed by phospho- β -galactosidase. This pathway is characteristic of lactococci and represents an alternative mechanism of lactose utilization in LAB.

- *Phosphoketolase and heterofermentative metabolism.* Heterofermentative LAB, including *Leuconostoc* and *Weissella* species, metabolize carbohydrates through the pentose phosphate pathway. The key enzyme of this pathway is phosphoketolase, which contributes to the formation of lactate, ethanol or acetate, and carbon dioxide [16].

These metabolic products are important for the development of flavor, aroma, and texture in fer-

mented products such as kefir, Gouda cheese, and fermented sausages.

- *Glucosyl- and fructosyltransferases.* Glucosyltransferases and fructosyltransferases catalyze the synthesis of polysaccharides such as dextran and levan from sucrose [17]. These exopolysaccharides are widely used as thickeners, stabilizers, and prebiotic ingredients in food biotechnology.

Dextran synthesized by *Leuconostoc mesenteroides* has additional pharmaceutical applications, including use as a plasma volume expander and chromatography matrix material [17, 18].

Lipolytic enzymes of LAB. Lipolytic enzymes of LAB include lipases and esterases that hydrolyze triglycerides and fatty acid esters [19]. Although their activity is lower than that of fungi such as *Penicillium* and *Aspergillus*, LAB lipolysis contributes significantly to flavor development in fermented dairy and meat products through the formation of free fatty acids and volatile aroma compounds [19, 20].

Most LAB possess intracellular esterases that become active after bacterial cell lysis during product ripening [19]. The released fatty acids influence sensory properties: short-chain fatty acids contribute to characteristic cheese flavors, whereas excessive accumulation of long-chain fatty acids may cause off-flavors.

- *Esterases and aroma formation.* LAB esterases belong to the α/β -hydrolase family and preferentially hydrolyze short-chain fatty acid esters [19]. In addition to hydrolysis, these enzymes catalyze ester synthesis and transesterification reactions involved in aroma formation.

Several esterases have been identified in *Lactobacillus plantarum*, including cold-active enzymes that retain activity at low temperatures and are potentially useful in cheese production and low-temperature fermentations [21].

- *LAB lipases in fermented products.* Lipase activity has been detected in strains of *L. plantarum*, *L. casei*, *L. helveticus*, and *L. fermentum* [19]. These enzymes participate in the release of fatty acids that serve as precursors for aldehydes, ketones, and lactones responsible for characteristic aromas of cheeses and fermented sausages [20].

In fermented meat products, LAB act together with endogenous meat enzymes, contributing to lipolysis, texture development, and flavor formation during ripening.

Enzymes involved in exopolysaccharide synthesis. LAB exopolysaccharides (EPS) are synthesized through two major mechanisms. Heteropolysaccharides are produced intracellularly by glyco-

sytransferases and subsequently secreted outside the cell, whereas homopolysaccharides such as dextran and levan are synthesized extracellularly by glucansucrase and fructansucrase enzymes [17, 22].

The structure and properties of EPS are determined by strain-specific eps gene clusters encoding enzymes involved in polysaccharide biosynthesis [22]. These polymers play important technological roles in fermented foods by improving viscosity, texture, and water-holding capacity.

EPS-producing strains of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* are widely used in yogurt production because they enhance consistency and reduce whey separation [22, 23].

Industrial applications of LAB enzyme systems. LAB enzyme systems constitute the molecular basis for the development of the organoleptic, textural, and technological properties of a wide range of fermented products. The specific complement of enzymes possessed by individual LAB species and strains determines the extent of proteolysis, lipolysis, aroma compound formation, exopolysaccharide synthesis, and other biochemical processes that directly influence the quality of the final product [3, 4]. The roles of the major LAB enzyme systems in the production of various fermented foods are summarized in Table 2.

Cheese making represents the most important field of application for the proteolytic and lipolytic systems of LAB. The ripening of Cheddar cheese (12–24 months) depends largely on the proteolytic activity of starter *Lc. lactis* ssp. *cremoris* cultures and adjunct *L. helveticus* strains. Endopeptidases PepO and PepF, together with several peptidases including PepN, PepQ, and PepX, are responsible for the degradation of β -casein-derived oligopeptides and the accumulation of free amino acids, which serve as markers of ripening progression. These amino acids are subsequently catabolized into characteristic aroma compounds: methionine is converted to methional, phenylalanine to phenylacetaldehyde, and leucine to isovaleric acid [9, 25].

In Gouda- and Edam-type cheeses, heterofermentative *Leuconostoc* spp. (particularly *Leu. mesenteroides*) play an important role. Through the phosphoketolase pathway, these bacteria produce CO₂, which is responsible for the formation of the characteristic eye structure, as well as diacetyl and acetoin, compounds that impart the characteristic buttery flavor to the product [16]. A technological evaluation of 128 LAB strains for cheese-making applications demonstrated that *Lb. delbrueckii* P10,

Table 2. Enzyme systems of LAB in the production of specific products

Product	LAB species / strain	Key enzymes	Role in quality formation
Cheddar cheese	<i>Lc. lactis</i> ssp. <i>cremoris</i>	CEP (PrtP), PepN, PepO, PepQ	Ripening, flavor, aroma
Gouda/Edam cheese	<i>Lc. mesenteroides</i>	Phosphoketolase, β -galactosidase	Eye formation («holes»), creamy flavor
Yogurt	<i>S. thermophilus</i> + <i>Lb. bulgaricus</i>	β -Galactosidase, CEP, EPS synthases	Acidity, aroma, texture
Kefir	<i>Lc. lactis</i> + <i>Leuconostoc</i> + yeasts	Phosphoketolase, lipase, proteases	Carbonation, characteristic flavor
Salami/sujuk	<i>Lb. sakei</i> , <i>Lb. curvatus</i>	Lipase, esterase, aminopeptidase	Lipolysis, aroma, texture
Lactose-free milk	<i>Lb. acidophilus</i> , <i>Lc. lactis</i>	β -Galactosidase	Lactose hydrolysis
GOS (prebiotic)	<i>Lb. bulgaricus</i> , <i>Lb. acidophilus</i>	β -Galactosidase (transgalactosylation)	Synthesis of galactooligosaccharides
Sourdough bread	<i>Lb. sanfranciscensis</i> , <i>Lb. fermentum</i>	Phosphoketolase, fructansucrase	Aroma, dough structure
Dextran (medical use)	<i>Lc. mesenteroides</i> B-512F	Dextransucrase	Plasma expander synthesis

Lb. rhamnosus P50, and *Lc. lactis* Q5C6 exhibited the highest PepN and PepX activities and were therefore recommended as promising adjunct cultures [25].

Yogurt production is based on the protocooperation between two species: *S. thermophilus* and *L. bulgaricus*. The former ferments lactose via the β -galactosidase-dependent (permease-mediated) pathway and produces lactic acid and acetaldehyde, whereas the latter, in addition to acid production, plays a crucial role in the proteolysis of milk casein, releasing free amino acids that serve as essential growth factors for *S. thermophilus*. This microbial mutualism results in a substantially higher fermentation rate when the two cultures are used in combination than when either is grown as a monoculture [26].

EPS-producing strains (*S. thermophilus* S-3, *Lb. bulgaricus* OLL1073R-1) provide yogurt with its characteristic ropy consistency. The polysaccharides synthesized by enzymes encoded within the *eps* gene cluster interact with casein micelles and whey proteins, forming a three-dimensional gel matrix with enhanced water-holding capacity [22, 26].

In fermented sausage products (salami, sujuk, and mettwurst), LAB perform four key functions: (1) acidification to inhibit pathogenic microorganisms; (2) nitrate/nitrite reduction; (3) proteolysis of muscle proteins, contributing to texture softening; and (4) lipolysis leading to the formation of aroma compounds. The dominant species include *Lb. sakei*, *Lb. curvatus*, and *Pc. pentosaceus*, as well as *Lb. plantarum* in traditional products [20, 24].

Within the meat matrix, the enzymatic systems of LAB act synergistically with endogenous meat proteases (calpains and cathepsins) and lipases. In particular, LAB lipases release unsaturated fatty acids, such as linoleic and arachidonic acids, which serve as substrates for lipid peroxidation reactions. These reactions generate aldehydes and ketones that contribute characteristic aroma notes often described as «roasted meat» and «nutty» flavors [20].

The production of lactose-free dairy products — one of the most rapidly growing market segments (CAGR $\approx$ 9% during 2020–2025) — is based on the use of industrial β -galactosidases, including those derived from LAB. Strains of *Lb. acidophilus* and *Lc. lactis* are among the principal producers of β -galactosidases for food industry applications [14, 15].

The synthesis of GOS — prebiotic galactooligosaccharides — represents a promising application of the transgalactosylation activity of LAB β -galactosidases. The GOS content of commercial prebiotic preparations typically ranges from 50% to 97%. Studies have demonstrated that strains of *Lb. bulgaricus*, *Lb. acidophilus*, and certain *Lc. lactis* isolates exhibit higher transgalactosylation activity than the industrial β -galactosidase from *Kluyveromyces fragilis* under specific reaction conditions [15].

Dextran synthesized by *Leu. mesenteroides* through the action of dextransucrase is used in medicine (e.g., the plasma volume expander Dextran-70), the food industry (as a structure-forming agent in bakery products and a fat replacer), and

biochemistry (as the matrix material for Sephadex chromatography media). Levan produced by *L. sanfranciscensis* is employed as a texturizing agent and prebiotic ingredient [17, 22].

CONCLUSIONS

The enzyme systems of lactic acid bacteria encompass proteolytic, glycoside hydrolase, lipolytic, transferase, and oxidoreductase enzymes that determine the technological properties of LAB in fermented products. Proteolytic and lipolytic systems play a key role in the development of the flavor, aroma, and texture of cheeses, fermented dairy products, and fermented meat products, whereas β -galactosidases are responsible for lactose metabolism and the synthesis of prebiotic galactooligosaccharides. Glucosyl- and fructosyltransferases mediate the synthesis of exopolysaccharides that influence product consistency. Antioxidant enzymes enhance the resistance of LAB to technological stress, while modern genomic, proteomic, and bioengineering approaches provide opportunities for the development of strains with tailored enzymatic properties. The broad spectrum of enzymatic activities exhibited by LAB also highlights their considerable potential for the fermentation of plant-based substrates and the production of functional foods.

REFERENCES

1. **Holzappel WH, Wood BJB.** Lactic Acid Bacteria: Biodiversity and Taxonomy. Oxford: Wiley-Blackwell; 2014.
doi: <https://doi.org/10.1002/9781118655252>
2. **Carr FJ, Chill D, Maida N.** The lactic acid bacteria: a literature survey. *Crit Rev Microbiol.* 2002;**28**(4):281–370.
doi: <https://doi.org/10.1080/1040-840291046759>
3. **Ayivi RD, Ibrahim SA.** Lactic acid bacteria: an essential probiotic and starter culture for the production of yoghurt. *Int J Food Sci Technol.* 2022;**57**(11):7008–25.
doi: <https://doi.org/10.1111/ijfs.16076>
4. **Raj T, Chandrasekhar K, Kumar AN, Kim SH.** Recent biotechnological trends in lactic acid bacterial fermentation for food processing industries. *Syst Microbiol Biomanuf.* 2022;**2**(1):14–40.
doi: <https://doi.org/10.1007/s43393-021-00044-w>
5. **Kieliszek M, Pobiega K, Piwowarek K, Kot AM.** Characteristics of the proteolytic enzymes produced by lactic acid bacteria. *Molecules.* 2021;**26**(7):1858.
doi: <https://doi.org/10.3390/molecules26071858>
6. **Zheng J, Wittouck S, Salvetti E, Franz CMAP, Harris HMB, Mattarelli P, et al.** A taxonomic note on the genus *Lactobacillus*: description of 23 novel genera. *Int J Syst Evol Microbiol.* 2020;**70**:2782–858.
doi: <https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004107>
7. **Liu M, Nauta A, Francke C, Siezen RJ.** Comparative genomics of enzymes in flavor-forming pathways from amino acids in lactic acid bacteria. *BMC Genomics.* 2010;**11**:36.
doi: <https://doi.org/10.1186/1471-2164-11-36>
8. **Abdul Hakim BN, Ng JX, Oslan SNH.** A comprehensive review of bioactive compounds from lactic acid bacteria. *Foods.* 2023;**12**(15):2850.
doi: <https://doi.org/10.3390/foods12152850>
9. **Savijoki K, Ingmer H, Varmanen P.** Proteolytic systems of lactic acid bacteria. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2006;**71**:394–406.
doi: <https://doi.org/10.1007/s00253-006-0427-1>
10. **Kunji ERS, Mierau I, Hagting A, Poolman B, Konings WN.** The proteolytic systems of lactic acid bacteria. *Antonie Van Leeuwenhoek.* 1996;**70**:187–221.
doi: <https://doi.org/10.1007/BF00395933>
11. **Ji D, Ma J, Xu M, Agyei D.** Cell-envelope proteinases from lactic acid bacteria: Biochemical features and biotechnological applications. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2021 Jan;**20**(1):369–400.
doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12676>
12. **Poolman B, Kunji ER, Hagting A, Juillard V, Konings WN.** The proteolytic pathway of *Lactococcus lactis*. *Soc Appl Bacteriol Symp Ser.* 1995;**24**:65S–75S
13. **Khusniati T, Aditya AT, Choliq A, Sulistiani.** Characterization and identification of the best screened indigenous lactic acid bacteria producing β -galactosidase. *KnE Life Sci.* 2015 Sep 20;**2**(1):439–45.
doi: <https://doi.org/10.18502/kl.v2i1.189>
14. **Ruiz-Ramírez S, Jiménez-Flores R.** Invited review: Properties of β -galactosidases derived from *Lactobacillaceae* species and their capacity for galactooligosaccharide production. *J Dairy Sci.* 2023 Dec;**106**(12):8193–206.
doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23392>
15. **Kolev P, Rocha-Mendoza D, Ruiz-Ramírez S, Ortega-Anaya J, Jiménez-Flores R, García-Cano I.** Screening and characterization of β -galactosidase activity in lactic acid bacteria for the valorization of acid whey. *JDS Commun.* 2022;**3**(1):1–6.
doi: <https://doi.org/10.3168/jdsc.2021-0145>
16. **Hayaloglu AA.** Reference Module in Food Science. Elsevier; 2016. Cheese: Microbiology of Cheese.
doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.00675-2>
17. **Monchois V, Willemot RM, Monsan P.** Glucansucrases: mechanism of action and structure-function relationships. *FEMS Microbiol Rev.* 1999 Apr;**23**(2):131–51.
doi: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1999.tb00394.x>
18. **Du R, Yu L, Sun M, Ye G, Yang Y, Zhou B, Qian Z, Ling H, Ge J.** Characterization of Dextran Biosynthesized by Glucansucrase from *Leuconostoc pseudomesenteroides* and Their Potential Biotechnological Applications. *Antioxidants.* 2023;**12**(2):275.
doi: <https://doi.org/10.3390/antiox12020275>
19. **Zarour K, Vieco N, Pérez-Ramos A, Nacher-Vázquez M, Mohedano ML, López P.** Microbial Production of Food Ingredients and Additives. Elsevier; 2017. *Food Ingredients Synthesized by Lactic Acid Bacteria*; p. 89–124.
doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811520-6.00004-0>
20. **Laranjo M, Potes ME, Elias M.** Role of Starter Cultures on the Safety of Fermented Meat Products. *Front Microbiol.* 2019 Apr 26;**10**:853.
doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00853>

21. Wang Y, Han J, Wang D, Gao F, Zhang K, Tian J, Jin Y. Research Update on the Impact of Lactic Acid Bacteria on the Substance Metabolism, Flavor, and Quality Characteristics of Fermented Meat Products. *Foods*. 2022 Jul 14;11(14):2090. doi: <https://doi.org/10.3390/foods11142090>
22. Badel S, Bernardi T, Michaud P. New perspectives for Lactobacilli exopolysaccharides. *Biotechnol Adv*. 2011;29(1):54–66. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.08.011>
23. Donkor ON, Henriksson A, Vasiljevic T, Shah NP. Effect of acidification on the activity of probiotics in yoghurt during cold storage. *Int Dairy J*. 2006;16(10):1181–9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.10.008>
24. Liu X, Ma J, Fan G. Microbiological Safety and Quality of Fermented Products. *Foods*. 2023;12(11):2204. doi: <https://doi.org/10.3390/foods12112204>
25. Nicosia FD, Pino A, Maciel GLR Sanfilippo RR, Caglia C, de Carvalho AF, Randazzo CL. Technological characterization of lactic acid bacteria strains for cheese manufacture. *Foods*. 2023;12(6):1154. doi: <https://doi.org/10.3390/foods12061154>
26. Sieuwerts S. The Microbiology of Cocultured Lactic Acid Bacteria: Interactions, Population Dynamics and Metabolic Activities [PhD thesis]. Wageningen: Wageningen University; 2016.

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконано без залучення зовнішнього фінансування.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів щодо публікації цієї статті.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Автори заявляють, що під час підготовки рукопису використовувалися інструменти генеративного штучного інтелекту виключно для мовного редагування, покращення стилю викладу та перекладу тексту. Генеративний штучний інтелект не використовувався для створення, аналізу чи інтерпретації наукових результатів. Уся відповідальність за зміст статті, достовірність даних і висновків покладається на авторів.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ ТА ЇХ ВНЕСОК

ГАРКАВА Катерина: концептуалізація, методологія, проведення дослідження, формальний аналіз, написання оригінального рукопису.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0874-8315>

ЯЛОВЕНКО Олена: наукове керівництво, валідація результатів, рецензування та редагування рукопису.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5022-143X>

e-mail: yalov89@i.ua

РУДНИЦЬКА Ольга: упорядкування даних, візуалізація, забезпечення ресурсами, рецензування та редагування рукопису.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5065-3152>

SOURCES OF FUNDING

This research received no external funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

APPLICATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The authors declare that generative artificial intelligence tools were used solely for language editing, improving the style and clarity of the text, and/or translation during the preparation of this manuscript. Generative artificial intelligence was not used to generate, analyze, or interpret the scientific results presented in the study. The authors bear full responsibility for the content of the article, the accuracy of the data, and the validity of the conclusions.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

GARKAVA Kateryna: conceptualization, methodology, investigation, formal analysis, writing — original draft.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0874-8315>

YALOVENKO Olena: supervision, validation, writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5022-143X>

e-mail: yalov89@i.ua

RUDNYTSKA Olha: data curation, visualization, resources, writing — review & editing.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5065-3152>

Отримано: 15.06.2026

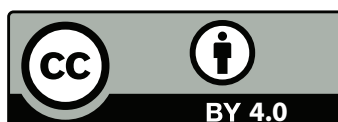
Прийнято до друку: 01.07.2026

Опубліковано: 15.07.2026

Received: 15.06.2026

Accepted: 01.07.2026

Published: 15.07.2026



СПОЖИВАННЯ НІКОТИНОВІСНИХ ПРОДУКТІВ СЕРЕД ДІТЕЙ ТА МОЛОДІ: АНАЛІЗ ПОШИРЕНOSTІ, ДЕТЕРМІНАНТ ТА РЕГУЛЯТОРНИХ ПРОГАЛИН

Григоренко А.С.

Державна наукова установа
«Центр інноваційних
технологій охорони
здоров'я» Державного
управління справами,
м. Київ, Україна

- **МЕТА РОБОТИ** полягала в аналізі сучасних тенденцій вживання нікотиновісних виробів серед дітей і молоді; визначенні ключових детермінант розвитку залежності; виявленні основних законодавчих прогалин; а також у формулюванні пропозицій щодо ефективних напрямів контролю.
- **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ.** Дослідження ґрунтується на аналізі міжнародних звітів і актів Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), Європейської Комісії, Центрів США з контролю та профілактики захворювань (CDC), Управління з контролю за продуктами харчування та лікарськими засобами (FDA), публікацій у наукових базах PubMed і Scopus протягом 2010–2026 років, а також критичному огляді маркетингових практик і регуляторних механізмів.
- **ОГЛЯД.** Встановлено стійку глобальну тенденцію до диверсифікації ринку нікотинової продукції з паралельним зростанням її популярності серед молоді. Агресивні маркетингові стратегії виробників, широке застосування ароматизаторів, висока доступність товарів, слабкий контроль за дотриманням вікових обмежень, а також психоемоційна вразливість підлітків в умовах війни в Україні набувають загрозливого характеру. Виявлено значний регуляторний розрив між динамічним розвитком ринку та повільним оновленням нормативно-правової бази, зокрема, на прикладі відхилення законопроекту щодо регулювання нікотинових паучів.
- **ВИСНОВКИ.** Поширення новітніх нікотиновісних виробів серед дітей та молоді спричинене сукупністю різнопланових чинників. При цьому ключовою проблемою, виявленою в ході огляду, є значний регуляторний розрив, що потребує першочергового усунення. Для зменшення загроз ранньої залежності необхідний комплексний підхід: оновлення законодавства, контроль промоції, обмеження онлайн-продажів й ароматизаторів, дотримання вікових обмежень і наявність освітніх курсів. Застосування рекомендацій ВООЗ, Європейської комісії з адаптацією до національного правового поля є надзвичайно важливим аспектом для галузі охорони здоров'я України.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *нікотин, ТБЕН, електронні сигарети, молодь, регуляторна політика.*

CONSUMPTION OF NICOTINE-CONTAINING PRODUCTS AMONG CHILDREN AND YOUTH: ANALYSIS OF PREVALENCE, DETERMINANTS AND REGULATORY GAPS

Grygorenko A.S.

State Institution of Science
«Center of innovative
healthcare technologies»
State Administrative
Department
(SIS «CIHT» SAD)
Kyiv, Ukraine

- **AIM.** To examine current trends of nicotine product use among youngsters, explore the factors driving addiction, identify major gaps in existing legislation, and propose practical policies for effective regulation and control of these products.
- **MATERIALS AND METHODS.** The study is based on a review of international reports by the World Health Organization (WHO), the European Commission, the US Centers for Disease Control and Prevention (CDC), the Food and Drug Administration (FDA), publications in the scientific databases PubMed and Scopus for the period 2010–2026, as well as a critical analysis of regulatory mechanisms and marketing practices of tobacco manufacturers.
- **REVIEW.** A systematic analysis reveals a steady global trend towards diversification of the nicotine product market, accompanied by a parallel increase in its popularity among young people. Key determinants of this phenomenon were identified: aggressive marketing strategies by manufacturers, widespread use of flavourings, high product availability, weak enforcement of age restrictions, and the psycho-emotional vulnerability of adolescents—which, in the context of war in Ukraine, becomes particularly acute. A significant regulatory gap was found between the dynamic market development and the slow updating of the legal framework, exemplified by the rejection of Draft Law on the regulation of nicotine pouches.
- **CONCLUSIONS.** The spread of new nicotine-containing products among children and young people is caused by a combination of diverse factors. At the same time, the key problem identified during the review is a significant regulatory gap, which requires urgent elimination. To reduce the threats of early addiction, a comprehensive approach is needed: updating legislation, controlling promotion, restricting online sales and flavors, observing age restrictions, and providing educational courses. The application of the recommendations of the WHO and the European Commission with adaptation to the national legal framework is an extremely important aspect for the healthcare sector in Ukraine.
- **KEYWORDS:** *nicotine, HTP, electronic cigarettes, youth, regulatory policy.*

ВСТУП

Протягом останнього десятиліття структура споживання нікотину значно змінилася: традиційні цигарки поступилися місцем електронним сигаретам, под-системам, тютюновим виробам для електричного нагрівання (ТВЕН), паучам тощо. За даними міжнародних досліджень, мільйони дітей і підлітків регулярно використовують нікотиновмісні продукти, а в багатьох країнах відзначається тенденція до збільшення частки підлітків, які користуються електронними сигаретами [1–3]. Крім того експерти відзначають зростання популярності одноразових вейпів і нікотинових паучів, що пов'язано з особливостями їх використання, привабливим дизайном та можливістю легко приховувати їх від дорослих [4].

За результатами опитування Київського міжнародного інституту соціології (KMIC), проведеного у лютому–березні 2025 року, третина українців повідомила про поточне вживання тютюнових або нікотиновмісних виробів, з яких майже кожен третій використовує їх щоденно. Найвищі показники споживання зафіксовано серед молодого населення, причому вони є більшими порівняно з попередніми роками [5]. А проте у довгостроковій перспективі спостерігається загальна тенденція до зниження поширеності тютюнопаління в Україні. Так, у 2010 році частка курців серед чоловіків віком 18–29 років становила близько 45%, тоді як серед жінок цієї ж вікової групи — приблизно 10% [6, 7]. Ці дані збігаються з результатами української частини «Європейського опитування учнів щодо вживання алкоголю та інших наркотичних речовин — ESPAD» 2024 року. Дослідження засвідчило, що поширеність куріння сигарет серед підлітків зменшилася майже вдвічі порівняно з 2019 роком. Натомість ситуація з електронними сигаретами є зворотною: їхнє вживання за той самий період (current use) зросло. Важливо зазначити, що показник current use відображає вживання протягом останніх 30 днів, однак не диференціює епізодичні спроби від регулярного (наприклад, щоденного) вживання. Тим не менш, зростання цього показника вказує на стійку тенденцію до залучення дедалі більшої частки молоді до споживання альтернативних джерел нікотину.

Таким чином, молодь і надалі залишається головною цільовою аудиторією тютюнової індустрії. Популярність таких продуктів зростає через поєднання різних факторів, але найбільше занепокоєння викликає те, що це сприяє

створенню цілого покоління із залежністю, наслідки якої лише починають ставати помітними.

Мета полягала у тому, щоб проаналізувати сучасні тенденції вживання нікотинових виробів серед дітей та молоді. У межах дослідження передбачається встановити основні причини формування нікотинової залежності та чинники, що спонукають молодих людей до їх використання. Окрему увагу приділено виявленню прогалин у чинному законодавстві та регуляторній політиці. На основі проведеного аналізу формуються пропозиції щодо ефективних напрямів державної політики контролю за такими товарами з урахуванням міжнародних стандартів і практик.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Дизайн дослідження — аналітичний огляд офіційних звітів міжнародних організацій, наукових публікацій та законодавчих актів різних юрисдикцій. Дослідження базувалося на критичному огляді звітів ВООЗ, Європейської комісії, Управління з контролю за продуктами харчування й Центру США з контролю та профілактики захворювань, а також наукових публікацій у PubMed і Scopus за період 2010–2026 років. Також здійснювалася оцінка правового регулювання та інституційних прогалин. Для інтерпретації отриманих даних застосовувалися методи порівняльного аналізу, узагальнення статистичних показників і синтезу літературних джерел. Відбір джерел проводили за ключовими словами з дворівневим скринінгом (назви/анотації; повні тексти), включаючи лише роботи з репрезентативними даними про поширеність чи регулювання серед молоді. Оскільки аналізувалися виключно опубліковані агреговані дані без залучення респондентів, етичне схвалення не вимагалось, однак при інтерпретації результатів враховано вразливість дітей та підлітків як об'єкта дослідження.

ОГЛЯД

Глобальні та національні тенденції поширеності. Аналіз опрацьованих джерел за період 2010–2026 років засвідчує стійку глобальну тенденцію до трансформації структури споживання нікотину серед дітей та молоді: традиційні сигарети поступаються місцем електронним сигаретам, под-системам, тютюновим виробам для електричного нагрівання (ТВЕН) та нікотиновим паучам. За даними ВООЗ, у 2023 році близько 38 млн підлітків віком 13–15 років у

світі регулярно вживали нікотиновмісні продукти, причому в багатьох країнах частка користувачів електронних сигарет серед молоді перевищила показники курців традиційних сигарет [1]. У 2025 році в Європейському регіоні цей показник сягнув 14,3% — одного з найвищих у світі [2]. У США, згідно з даними CDC, у 2024 році близько 2 млн підлітків регулярно використовували електронні сигарети, з яких 88% обирали ароматизовані варіанти [3]. FDA додатково наголошує на стрімкому зростанні популярності нікотинових паучів та одноразових вейпів, що пояснюється відсутністю запаху, простотою використання і можливістю приховати вживання від дорослих [4].

Українські дані повністю вписуються в цей макротренд. Згідно з опитуванням КМІС (лютий–березень 2025 року), 31% українців повідомили про поточне вживання тютюнових або нікотинових виробів (27% — щоденно, 4% — епізодично), причому найвищий рівень зафіксовано серед вікової групи 18–39 років — 45%, що суттєво перевищує показник 2024 року (33%) [5]. Водночас довгострокова динаміка свідчить про зниження поширеності куріння традиційних сигарет: у 2010 році серед чоловіків 18–29 років вона становила близько 45%, серед жінок тієї ж групи — близько 10% [6, 7]. Цю тенденцію підтверджує й українська частина дослідження ESPAD 2024 року: частка підлітків, які курили сигарети за останні 30 днів, скоротилася майже вдвічі порівняно з 2019 роком (від 50,5% до 28,3%). Однак ситуація з електронними сигаретами є протилежною — їхнє регулярне вживання (протягом останнього місяця) зросло з 11,7% у 2019 році до 23,9% у 2024 році, що свідчить про перехід епізодичних спроб у стійку практику. Крім того, використання пристроїв для нагрівання тютюну збільшилося більш ніж удвічі [24]. Таким чином, констатується диверсифікація ринку нікотинових продуктів, орієнтованих на молодь, із паралельним зростанням інтенсивності їх споживання. Важливим джерелом оцінки довгострокової динаміки тютюнокуріння серед підлітків є Глобальне опитування молоді щодо тютюну (GYTS), яке проводилося на національному рівні в Україні у 2005, 2011, 2017 та 2023 роках. За даними GYTS, поширеність куріння традиційних сигарет серед підлітків віком 13–15 років знизилася з 28,1% у 2005 році до 12,7% у 2017 році. Водночас результати GYTS 2023 року свідчать про зростання поширеності використання електронних сигарет серед молоді, причому їх

вживання за частотою наближається до або перевищує поширеність куріння традиційних сигарет [33].

Детермінанти формування нікотинової залежності у молоді. Ключовими детермінантами, що зумовлюють цю динаміку, виступають, *по-перше*, агресивні маркетингові стратегії виробників, які позиціонують новітні нікотинові вироби як «менш шкідливі» альтернативи традиційним сигаретам. Ця риторика, яка систематично спростовується регуляторами [8–10], формує в молоді хибне відчуття безпеки. *По-друге*, широке застосування ароматизаторів у вейпах та паучах є одним із найпотужніших механізмів залучення саме юної аудиторії, що підтверджується даними американського ринку, де 88% підлітків обирають ароматизовану продукцію [3]. *По-третє*, критичне значення мають висока фізична та цифрова доступність цих товарів у поєднанні з недостатнім контролем за дотриманням вікових обмежень. Як наголошується в дослідженнях Європейського бюро ВООЗ, нелегальна роздрібна торгівля, онлайн-продажі та відсутність повного ліцензування точок збуту суттєво нівелюють ефективність регуляторних заборон [2, 11]. В Україні цей макротренд виявляється особливо гостро: навіть за наявності формальних законодавчих вимог, їх практична реалізація залишається фрагментарною, що робить реальний рівень доступності нікотиновмісних виробів для неповнолітніх значно вищим за передбачений законом. Основні групи чинників, які зумовлюють поширення нікотиновмісної продукції в молодіжному середовищі, та особливості їхнього впливу структуровано в *табл. 1*.

Особливої уваги заслуговують соціально-психологічні чинники, що підсилюють вразливість підлітків. З позицій вікової психології, молодь схильна до ризикованої поведінки, наслідування однолітків, прагнення до самоствердження та сприйняття нових гаджетів як елементів стилю. Сучасні електронні сигарети часто маскуються під звичайні флешки, маркери чи ігрові аксесуари, що знижує психологічний *бар'єр* перед першою спробою та сприяє їх сприйняттю не як шкідливої звички, а як модного атрибута. Крім того, новітні нікотинові продукти активно інтегруються в молодіжну цифрову культуру через соціальні платформи (TikTok, X, Instagram), де контент інфлюенсерів нормалізує та естетизує їх використання [12–14]. Водночас фізіологічні механізми формування залежності в підлітковому віці спра-

Таблиця 1. Основні групи чинників, які сприяють поширенню
нікотиновісних виробів серед молоді, та механізми їх впливу

Група чинників	Конкретні детермінанти	Механізм впливу
Маркетингові	Позиціонування як «менш шкідливих»	Створення хибного відчуття безпеки
	Використання ароматизаторів	Зниження психологічного бар'єру для першої спроби
	Залучення інфлюенсерів у соцмережах	Нормалізація та естетизація вживання
Доступність	Висока фізична доступність	Легкість придбання
	Онлайн-продажі без вікового контролю	Обхід вікових обмежень
	Відсутність ліцензування точок збуту	Послаблення державного контролю
Психологічні	Психоемоційна вразливість підлітків	Схильність до ризикованої поведінки
	Травматичний досвід війни	Як засіб емоційної регуляції
	Наслідкування однолітків	Соціальний тиск, групова ідентичність
Дизайн продукту	Маскування під повсякденні предмети	Зниження сприйняття як «шкідливої звички»
	Відсутність запаху, непомітність	Можливість прихованого вживання
Регуляторні	Повільна адаптація законодавства	Прогалини для обходу обмежень
	Використання синтетичного нікотину	Обхід регуляції тютюнового нікотину
	Ребрендинг ароматизаторів	Обхід заборон на фруктові/солодкі смаки

цьовують значно швидше й мають виразніший характер, ніж у дорослих, що підтверджено звітами FDA та Генерального хірурга США [15]. Тому навіть короточасне, епізодичне споживання здатне призводити до стійкої нікотинової залежності.

Для українського контексту додатковим підсилювачем ризику є психоемоційний стан молоді в умовах війни. ESPAD 2024 демонструє, що серед підлітків, які зазнали травматичного досвіду в умовах повномасштабного вторгнення, рівень вживання електронних сигарет за останній місяць становив 29% проти 19% у групі без такого досвіду. Також виявлено чітку кореляцію: серед підлітків, які палять, поширеність депресії, тривожності та стресу є в 1,5–2 рази вищою. Це підкреслює необхідність інтеграції психосоціальної підтримки в профілактичні програми. Окремим аспектом, який може бути використаний у суспільних дебатах, є екологічна шкода: одноразові вейпи містять літій-іонні акумулятори, пластик та інші матеріали, а щороку сотні мільйонів таких пристроїв стають токсичними відходами, що ускладнює систему переробки та забруднює довкілля.

Регуляторні прогалини та виклики. Найбільш суттєвою прогалиною, виявленою в ході аналізу, є недосконалість нормативно-правової бази як на міжнародному, так і на національ-

ному рівнях. Міжнародні інституції (ВООЗ, Європейська комісія) послідовно рекомендують поширювати на нові нікотинові товари ті ж регуляторні принципи, що діють для традиційних тютюнових виробів: обмеження реклами, заборона ароматизаторів, стандартизація упаковки з медичними попередженнями, акцизне оподаткування. Однак впровадження цих рекомендацій є нерівномірним. Європейська комісія у 2023 році офіційно визнала необхідність перегляду Директиви про тютюнові вироби (TPD), оскільки чинна редакція не враховує стрімке зростання ринку одноразових вейпів і нікотинових паучів [16]. Виробники активно використовують законодавчі лакуни: наприклад, перехід на синтетичний нікотин, який хімічно ідентичний, але формально не підпадає під регуляцію тютюнового нікотину, або ребрендинг ароматизаторів з абстрактними назвами в обхід заборон на фруктові та солодкі смаки. Така адаптивна поведінка індустрії створює «регуляторні гойдалки», що вимагають постійного оновлення законодавства.

В Україні ризики формування ранньої нікотинової залежності залишаються високими через значне відставання нормативної бази від ринкових реалій. Показовим є випадок із законопроектом № 14110 щодо регулювання нікотинових паучів, який наприкінці 2025 року підтримав профільний комітет Верховної Ради

(передбачав заборону продажу неповнолітнім, заборону реклами, медичне застереження на 65% площі упаковки, граничну концентрацію нікотину 1 мг), однак уже 1 січня 2026 року комітет надав висновок про відхилення. Причини цього рішення з відкритих джерел невідомі. Така ситуація є прикладом регуляторного розриву, коли динаміка розвитку ринку випереджає адаптацію законодавства, що дозволяє виробникам і дистриб'юторам використовувати нові підходи до позиціонування та реалізації продукції, ускладнюючи регулювання цієї сфери.

Міжнародні підходи до контролю та перспективи для України. У цьому контексті доцільно звернути увагу на зарубіжні практики. Австралія регулює нікотиновмісні електронні сигарети як терапевтичні товари, доступ до яких обмежений рецептурним відпуском. Велика Британія, яка тривалий час розглядала вейпінг як інструмент зниження шкоди для дорослих курців, останніми роками посилює регулювання електронних сигарет через зростання їх популярності серед молоді, зокрема школярів. Водночас Мальдіви запровадили безпрецедентну модель заборони тютюну для цілих поколінь, яка поширюється на осіб, народжених з 2007 року [17]. Отже, узагальнення опрацьованих джерел дозволяє стверджувати, що поширення новітніх нікотиновмісних виробів серед дітей та молоді є комплексним явищем, зумовленим взаємодією маркетингових, поведінкових, соціокультурних, психологічних та регуляторних чинників. В Україні ця проблема набуває особливої актуальності в умовах воєнного стану, який посилює психоемоційну вразливість молоді та може впливати на моделі поведінки щодо вживання нікотинових продуктів. Відсутність системного та проактивного законодавчого регулювання формує додаткові ризики, за яких підлітки залишаються однією з найбільш уразливих груп. Окреслена проблема не обмежується виключно медичним, соціальним або правовим виміром і потребує подальшого міждисциплінарного опрацювання.

ВИСНОВКИ

1. Щодо сучасних тенденцій. Аналіз даних ВООЗ (зокрема GYTS), ESPAD та інших досліджень свідчить про стійке зниження поширеності куріння традиційних сигарет серед молоді. Водночас цей прогрес супроводжується зміною структури споживання нікотинових продуктів і зростанням поширеності використан-

ня електронних сигарет, одноразових електронних сигарет та нікотинових паучів. В Україні рівень вживання електронних сигарет зріс з 11,7% у 2019 році до 23,9% у 2024 році.

2. Щодо ключових детермінант. Провідними чинниками формування залежності є агресивні маркетингові стратегії виробників, широке використання ароматизаторів, висока фізична та цифрова доступність продукції, а також психоемоційна вразливість підлітків. В умовах повномасштабного вторгнення в Україні цей фактор набуває особливого значення, оскільки травматичний досвід і підвищений рівень стресу корелює з 1,5–2-кратним зростанням показників депресії та тривожності серед молоді.

3. Щодо регуляторних прогалин. Виявлено критичний розрив між динамічним розвитком ринку та застарілою нормативно-правовою базою, зокрема, використання виробниками синтетичного нікотину для обходу обмежень та законодавча невизначеність щодо паучів (відхилення законопроекту № 14110) [18] створюють умови для безперешкодного доступу неповнолітніх до небезпечних алкалоїдів.

4. Щодо пропозицій. Для подолання загроз необхідний комплексний підхід, що включає:

- *гармонізацію законодавства:* приведення національних норм у відповідність до Директиви ЄС про тютюнові вироби (TPD) із чітким визначенням усіх нікотиновмісних продуктів (включно з паучами та синтетичним нікотинном) як об'єктів регулювання;
- *заборону смакових добавок:* впровадження прямої заборони на використання будь-яких ароматизаторів у нікотинових виробах, призначених для роздрібного продажу;
- *посилення контролю за онлайн-продажами:* запровадження обов'язкової верифікації віку покупця через інтеграцію з державними електронними сервісами (наприклад, BankID або Дія) на етапі замовлення та отримання товару, а також ліцензування всіх точок збуту з регулярними перевітками;
- *освітньо-профілактичні програми:* розробка та впровадження загальнонаціональних програм для підлітків, інтегрованих у шкільну програму, з обов'язковим компонентом психосоціальної підтримки, особливо в регіонах, найбільш постраждалих від військових дій.

ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Доцільним є проведення довгострокових моніторингових досліджень для оцінки ефективності різних регуляторних інтервенцій, поглиблене вивчення впливу раннього вживання нікотину на когнітивний розвиток та психоемоційне здоров'я підлітків, а також компаративний аналіз успішних зарубіжних моделей контролю (Австралія, Велика Британія, Мальдіви) з метою адаптації найкращих практик до реалій української системи охорони здоров'я. Окремої уваги потребує оцінка ефективності фармакологічних [19–21] та поведінкових [22, 23] методів подолання нікотинової залежності в підлітковому віці, а також дослідження механізмів системної трансформації охорони здоров'я [25–28] та адаптації міжнародних рекомендацій [29–32] до національного контексту в умовах воєнного стану.

REFERENCES

1. Global report on trends in prevalence of tobacco use 2000-2024 and projections 2025-2030. WHO; 2025. Available from: <https://www.who.int/publications/item/9789240116276>
2. WHO European Region has the highest rate of tobacco use in the world, with an alarming rise in young people using e-cigarettes, global report warns. WHO; 2025. Available from: <https://www.who.int/europe/news/item/08-10-2025-who-european-region-has-the-highest-rate-of-tobacco-use-in-the-world-with-an-alarming-rise-in-young-people-using-e-cigarettes--global-report-warns>
3. E-Cigarette Use Among Youth. CDC; 2024. Available from: <https://www.cdc.gov/tobacco/e-cigarettes/youth.html>
4. FDA's Youth Tobacco Prevention Plan. FDA; 2024. Available from: <https://www.fda.gov/tobacco-products/youth-and-tobacco/fdas-youth-tobacco-prevention-plan>
5. Vzhivannia tiutiunovykh i nikotynovykh vyrobiv: Analitichnyi zvit (liutyi–berezen 2025 roku) [Use of Tobacco and Nicotine Products: Analytical Report (February–March 2025)]. Kyiv international institute of sociology; 2025. Ukrainian. Available from: <https://center-life.org/wp-content/uploads/2025/05/Zvit-Spozhyvannia-tiutiunovykh-ta-nikotynovykh-vyrobiv-v-Ukrai-ni-2025.pdf>
6. Grygorenko AA. Otsinka efektyvnosti vykonannia zakhodiv Derzhavnoi tsilovoi sotsialnoi prohramy zmenshennia shkidlyvoho vplyvu tiutiunu na zdorovia naselennia u 2009–2010 rokakh. [Evaluation of implementation of the national special social program for reduction of the harmful impact of tobacco on health population in Ukraine in 2009-2010]. *Ukraine. Nation's Health*. 2011;3:68–76. Ukrainian. Available from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uzn_2011_3_14
7. Krasovsky KS, Grygorenko AA, Andreeva TI. Dynamika poshyrenosti tiutiunokurinnia sered ditei

8. ta pidlitkiv v Ukraini. [Dynamics of tobacco smoking prevalence among children and adolescents in Ukraine]. *Ukraine. Nation's Health*. 2013;1(25):85–90. Ukrainian.
8. Warning Letter to JUUL Labs, Inc. FDA; 2019. Available from: <https://www.fda.gov/inspections-compliance-enforcement-and-criminal-investigations/warning-letters/juul-labs-inc-590950-09092019>
9. SCHEER — Recognition of the reduced risk associated with vaping compared to traditional tobacco. EC; 2021. Available from: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2021-002535_EN.html
10. AMKU nadav TOV «Philip Morris Sales and Distribution» oboviazkovi do rozghliadu rekomendatsii [AMKU Provided LLC «Philip Morris Sales and Distribution» with Mandatory Recommendations for Consideration]. AMKU; 2024. Ukrainian. Available from: <https://amcu.gov.ua/news/amku-nadav-tov-filip-morris-seilz-end-dystrybiushn-oboviazkovi-do-rozghliadu-rekomendatsii>
11. Data and digital health in the WHO European Region in 2022: a year in review. WHO; 2023. Available from: <https://www.who.int/europe/publications/item/WHO-EURO-2023-7393-47159-69055>
12. Donaldson SI, Dormanesh A, Perez C, Majmundar A, Allem JP. Association Between Exposure to Tobacco Content on Social Media and Tobacco Use: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Pediatr*. 2022 Sep 1;176(9):878–85. doi: <https://doi.org/10.1001/jamapediatrics.2022.2223>
13. Zhou R, Xie Z, Tang Q, Li D. Social Network Analysis of e-Cigarette-Related Social Media Influencers on Twitter/X: Observational Study. *JMIR Form Res*. 2024 Apr 1;8:e53666. doi: <https://doi.org/10.2196/53666>
14. Huang J, Duan Z, Kwok J, Binns S, Vera LE, Kim Y, Szczypka G, Emery SL. Vaping versus JUULing: how the extraordinary growth and marketing of JUUL transformed the US retail e-cigarette market. *Tobacco Control*. 2019;28:146–51. doi: <https://doi.org/10.1136/tobaccocontrol-2018-054382>
15. Sound the alarm: youth vaping can harm. FDA & US Surgeon General; 2025. Available from: <https://www.hhs.gov/surgeongeneral/reports-and-publications/youth-vaping/index.html>
16. Answer given by Ms Kyriakides on behalf of the European Commission. EC; 2023. Available from: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-9-2023-002498-ASW_EN.html
17. Maldives becomes the only country with a generational smoking ban. The Guardian; 2025. Available from: <https://www.theguardian.com/world/2025/nov/01/maldives-becomes-the-only-country-with-generational-smoking-ban>
18. Proekt Zakonu pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy shchodo vrehuliuvannia nikotynovykh vyrobiv [Draft Law on amendments to certain laws of Ukraine regarding the regulation of nicotine products]. VRU; 2025. Ukrainian. Available from: <https://itd.rada.gov.ua/billinfo/Bills/Card/57632>
19. Li J, Parrott S, Keding A, Dogar O, Gabe R, Marshall AM, et al. TB & Tobacco Consortium. Cost-utility of cytisine for smoking cessation over and above

- behavioural support in people with newly diagnosed pulmonary tuberculosis: an economic evaluation of a multicentre randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2022 Aug 26;12(8):e049644.
doi: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-049644>
20. Hajizadeh A, Howes S, Theodoulou A, Klemperer E, Hartmann-Boyce J, Livingstone-Banks J, Lindson N. Antidepressants for smoking cessation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2023 May 24;5(5):CD000031.
doi: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000031.pub6>
 21. Livingstone-Banks J, Fanshawe TR, Thomas KH, Theodoulou A, Hajizadeh A, Hartman L, Lindson N. Nicotine receptor partial agonists for smoking cessation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2023 May 5;5(5):CD006103.
doi: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006103.pub8>
 22. Bendotti H, Lawler S, Chan GCK, Gartner C, Ireland D, Marshall HM. Conversational artificial intelligence interventions to support smoking cessation: A systematic review and meta-analysis. *Digit Health*. 2023 Nov 3;9:20552076231211634.
doi: <https://doi.org/10.1177/20552076231211634>
 23. Liu Z, Li YH, Cui ZY, Li L, Nie XQ, Yu CD, et al. Prevalence of tobacco dependence and associated factors in China: Findings from nationwide China Health Literacy Survey during 2018–19. *Lancet Reg Health West Pac*. 2022 May 4;24:100464.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2022.100464>
 24. Panelna dyskusii z nahody Vsesvitnogo dnia bez tiutiunu «Zakhyst ditei ta molodi vid nikotynu — yevrointehratsiyni priorytet Ukrainy» [Panel discussion on the occasion of World No Tobacco Day «Protecting children and youth from nicotine is a European integration priority of Ukraine»]. PHC; 2026. Ukrainian. Available from: <https://phc.org.ua/news/panelna-diskusiya-z-nagodi-vsesvitnogo-dnya-bez-tyutyunu-zakhyst-ditey-ta-molodi-vid-nikotynu>
 25. Piven N, Aleksandrova O, Aragón de León E, Jakubowski E. Large scale system transformation: Ukraine. *Eur J Public Health*. 2024;34(Suppl 3):ckae144.620.
doi: <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckae144.620>
 26. Ansell C, Torfing J. Public Governance as Co-creation: A Strategy for Revitalizing the Public Sector and Rejuvenating Democracy. Cambridge: Cambridge University Press; 2021.
doi: <https://doi.org/10.1017/9781108765381>
 27. Bombard Y, Baker GR, Orlando E, Fancott C, Bhattia P, Casalino S, et al. Engaging patients to improve quality of care: a systematic review. *Implement Sci*. 2018 Jul 26;13(1):98.
doi: <https://doi.org/10.1186/s13012-018-0784-z>
 28. Batalden M, Batalden P, Margolis P, Seid M, Armstrong G, Opipari-Arrigan L, Hartung H. Coproduction of healthcare service. *BMJ Qual Saf*. 2016 Jul;25(7):509–17.
doi: <https://doi.org/10.1136/bmjqs-2015-004315>
 29. Belloni G, Monod S, Poroos C, Bühler N, Avendano M, Wernli D. Health systems governance, shocks and resilience: a scoping review of key concepts and theories. *BMJ Glob Health*. 2025 Jun 19;10(6):e017358.
doi: <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2024-017358>
 30. Corsello A, Ferraro VA, Realì L, Venditto L, Spatuzzo M, Di Cicco ME, et al. Novel nicotine and tobacco products in pediatric age: a joint position paper. *Ital J Pediatr*. 2025 Sep 24;51(1):270.
doi: <https://doi.org/10.1186/s13052-025-02116-2>
 31. Abozenah M, Nazir NT, Sareen N, Brandt E, Pack QR, Ibebuogu U, et al. Tobacco Use, Electronic Nicotine Delivery Systems, and Vulnerable Populations: Current Landscape and Opportunities for Improvement. *JACC Adv*. 2024 Nov 27;3(11):101362.
doi: <https://doi.org/10.1016/j.jacadv.2024.101362>
 32. Arora M, Kulkarni MM, Ghosal S, Sathyan A, Gupta M, Verma S, et al. E-Cigarettes and the Nicotine Epidemic: Statement From the International Pediatric Association. *Pediatrics*. 2025 Nov 1;156(5):e2025072337.
doi: <https://doi.org/10.1542/peds.2025-072337>
 33. Global Youth Tobacco Survey (GYTS). Copenhagen: WHO; 2026. Available from: <https://www.who.int/teams/noncommunicable-diseases/surveillance/systems-tools/global-youth-tobacco-survey>

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконані в рамках науково-дослідної роботи наукового відділу організації медичної допомоги Державної наукової установи «Центр інноваційних технологій охорони здоров'я» Державного управління справами на тему «Медико-соціальне обґрунтування, розробка та запровадження моделі «Центр інноваційних технологій охорони здоров'я» на основі триєдності науки, освіти та практики в роботу багатoproфільного закладу охорони здоров'я і визначення її ролі у формуванні єдиного медичного простору» (термін виконання 2025–2029 роки, № державної реєстрації 0125U0000318).

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

У цій роботі не використовувався штучний інтелект для генерації тексту, аналізу даних або створення зображень. Весь контент підготовлено автором, який несе повну відповідальність за його точність, оригінальність та дотримання етичних стандартів.

SOURCES OF FUNDING

The materials were derived from the results of a scientific study conducted as a component of the research work of the Scientific Department of Organization of Medical Care of the State Institution of Science «Center of innovative healthcare technologies» State Administrative Department. The study was carried out within the framework of the project entitled «Medical and social substantiation, development and implementation of the 'Center for Innovative Technologies of Health Care' model based on the integration of science, education, and practice into the work of a multidisciplinary healthcare institution and determination of its role in forming a unified medical space» (implementation period 2025–2029, state registration number 0125U0000318).

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

APPLICATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

No artificial intelligence tools were used in this work for text generation, data analysis, or image creation. All content was prepared by the author, who bears full responsibility for its accuracy, originality, and adherence to ethical standards.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА ТА ЙОГО ВНЕСОК

ГРИГОРЕНКО Артем: концептуалізація, методологія, дослідження, написання — оригінальна чернетка, рецензування та редагування.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2193-6372>
e-mail: grgrnk11@gmail.com

Отримано: 16.06.2026
Прийнято до друку: 01.07.2026
Опубліковано: 15.07.2026

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

GRYGORENKO Artem: conceptualization, methodology, research, writing — original draft, peer review and editing.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2193-6372>
e-mail: grgrnk11@gmail.com

Received: 16.06.2026
Accepted: 01.07.2026
Published: 15.07.2026



PROMOTING HEALTH CULTURE THROUGH ENGLISH FOR MEDICAL PURPOSES: EDUCATIONAL STRATEGIES FOR FUTURE HEALTHCARE PROFESSIONALS

Vitsiuk A.A.

Private Higher
Educational Establishment
«Kyiv Medical University»,
Kyiv, Ukraine

- **THE AIM** of the research is an analysis of educational strategies for forming a health culture of future medical professionals in the process of teaching English for professional purposes and determining the effectiveness of integrating health-saving content into medical English training courses.
- **MATERIALS AND METHODS.** The study used theoretical and analytical methods, including analysis of scientific literature, comparative analysis, generalization of pedagogical experience and systematization of modern approaches to teaching English in medical institutions of higher education. International scientific sources, concepts of health literacy and innovative EMP teaching methods were analyzed.
- **RESULTS.** It was found that the integration of health culture topics in teaching English for professional purposes contributes to the simultaneous development of students' language, professional and health-preserving competencies. The most effective educational strategies were identified as the case method, project-based learning, simulation technologies, discussion methods and the use of digital educational resources. The use of authentic English-language medical materials increases the level of health literacy, critical thinking and intercultural professional communication of future medical professionals. Special attention is paid to the potential of digital technologies and artificial intelligence in the individualization of the educational process.
- **CONCLUSIONS.** It has been proven that English for professional purposes is an effective tool for forming a culture of health in future medical workers. Its integration into the educational process ensures a combination of professional language training with the development of health-saving competencies and increases students' readiness for professional activity in the conditions of modern challenges of the healthcare system.
- **KEYWORDS:** *health culture, English for professional purposes, medical education, health literacy, medical students, health-preserving competence, professional communication.*

ФОРМУВАННЯ КУЛЬТУРИ ЗДОРОВ'Я ЗАСОБАМИ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ ЗА ПРОФЕСІЙНИМ СПРЯМУВАННЯМ: ОСВІТНІ СТРАТЕГІЇ ДЛЯ МАЙБУТНІХ МЕДИЧНИХ ПРАЦІВНИКІВ

Віцюк А.А.

Приватний вищий
навчальний заклад
«Київський медичний
університет»,
м. Київ, Україна

- **МЕТОЮ** дослідження є аналіз освітніх стратегій формування культури здоров'я майбутніх медичних працівників у процесі викладання англійської мови за професійним спрямуванням та визначення ефективності інтеграції здоров'язбережувального контенту в навчальні курси медичної англійської мови.
- **МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ.** У дослідженні використано теоретико-аналітичні методи, зокрема аналіз наукової літератури, порівняльний аналіз, узагальнення педагогічного досвіду та систематизацію сучасних підходів до викладання англійської мови у медичних закладах вищої освіти. Проаналізовано міжнародні наукові джерела, концепції health literacy та інноваційні методики навчання EMP.
- **РЕЗУЛЬТАТИ.** Встановлено, що інтеграція тематики культури здоров'я у викладання англійської мови за професійним спрямуванням сприяє одночасному розвитку мовної, професійної та здоров'язбережувальної компетентностей студентів. Найбільш ефективними освітніми стратегіями визначено кейс-метод, проєктне навчання, симуляційні технології, дискусійні методи та використання цифрових освітніх ресурсів. Використання автентичних англомовних медичних матеріалів підвищує рівень медичної грамотності (health literacy), критичного мислення та міжкультурної професійної комунікації майбутніх медичних працівників. Особливу увагу приділено потенціалу цифрових технологій та штучного інтелекту в індивідуалізації навчального процесу.
- **ВИСНОВКИ.** Доведено, що англійська мова за професійним спрямуванням є ефективним інструментом формування культури здоров'я у майбутніх медичних працівників. Її інтеграція в освітній процес забезпечує поєднання професійної мовної підготовки з розвитком здоров'язбережувальних компетентностей і підвищує готовність студентів до професійної діяльності в умовах сучасних викликів системи охорони здоров'я.
- **КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *культура здоров'я, англійська мова за професійним спрямуванням, медична освіта, health literacy, студенти-медики, здоров'язбережувальна компетентність, професійна комунікація.*

INTRODUCTION

In the current conditions of the development of the healthcare system, the problem of forming a culture of health among the population is of particular relevance. Globalization processes, the spread of non-communicable diseases, the consequences of the COVID-19 pandemic, climate change, military conflicts and the associated socio-psychological risks necessitate the search for new approaches to training specialists in the medical field. An important component of the professional competence of a modern medical worker is the ability not only to provide high-quality medical care, but also to be a leader of ideas about a healthy lifestyle, disease prevention and the formation of a responsible attitude to health among the population [1, 2].

The concept of health culture is a multi-component phenomenon that encompasses a system of knowledge, values, norms of behavior and practical skills aimed at preserving and strengthening human health. The formation of a health culture involves the development of physical, mental, social and spiritual well-being of the individual, which corresponds to the modern definition of health of the World Health Organization [3, 10].

Of particular importance is the training of future medical professionals who, in their further professional activities, will carry out educational work among the population, promote disease prevention and the formation of healthy lifestyle skills. In this context, English for Medical Purposes (EMP) opens up wide opportunities for integrating health-preserving topics into the educational process.

Modern medical education is characterized by the active use of English-language scientific sources, international clinical guidelines, digital platforms and evidence-based medicine resources. English is the main means of international professional communication, access to the latest scientific achievements and exchange of experience between medical specialists from different countries [4].

Researchers emphasize that the study of English in medical universities should go beyond the formation of exclusively linguistic competencies and be aimed at the development of professional thinking, critical analysis of information and awareness of the role of health as the highest social value [5]. Inclusion in the content of education of topics related to disease prevention, public health, mental well-being, healthy nutrition, physical activity and medical literacy contributes to the comprehensive formation of a culture of health among students.

In recent years, the concept of health literacy, which is defined as a person's ability to receive,

understand, evaluate, and use health information to make informed decisions, has attracted particular attention [6].

The development of health literacy skills is an important component of the training of future health professionals and can be effectively implemented through the study of English-language professional materials.

In the context of digitalization of education, innovative teaching methods are becoming increasingly widespread, including project-based learning, problem-based approach, case method, simulation learning, and the use of digital educational platforms. Their application in English classes contributes not only to improving students' language skills, but also to the development of health-preserving competence [7].

Thus, the relevance of the study is due to the need to find effective educational strategies for forming a health culture of future medical workers using English in a professional direction.

The purpose of the study is an analysis of educational strategies for forming a health culture of future medical workers in the process of learning English for a professional purpose and determining their impact on the development of health-preserving competence of students of medical institutions of higher education.

To achieve the goal, the following tasks have been defined:

- analyze modern scientific approaches to understanding the concept of «health culture»;
- to characterize the role of English for professional purposes in forming a health culture of students;
- to explore the possibilities of using interactive educational technologies for the development of health-preserving competence;
- to identify the most effective pedagogical strategies for integrating a health-preserving component into the process of teaching English.

MATERIALS AND METHODS

The research is theoretical and analytical in nature and is based on a comprehensive study of modern scientific sources devoted to the problems of forming a culture of health, developing health literacy, medical education, and teaching English for professional purposes.

The methodological basis of the study is the provisions of the competency-based, interdisciplinary, communicative and health-preserving approaches to the organization of the educational process in institutions of higher medical education.

The following methods were used in the research process:

Theoretical analysis of scientific literature. An analysis of domestic and foreign publications on the problems of forming a culture of health, developing medical literacy, and teaching English to future medical workers was carried out [2, 4, 8].

Comparative analysis. It was used to compare different pedagogical approaches to integrating health-preserving topics into vocational English courses.

Content analysis. An analysis of the content of modern English language curricula for medical students, international recommendations for the development of health literacy, and WHO educational materials was conducted.

Systematization and generalization. It allowed us to identify the most effective educational strategies for forming a culture of health using the English language.

The theoretical basis of the study was formed by scientific works of Ukrainian and foreign scientists in the field of medical education, pedagogy, public health, and methods of teaching English for professional purposes, as well as materials from the World Health Organization and international educational projects.

The results obtained were systematized in accordance with the identified research areas and used to formulate practical recommendations for improving the process of teaching English to future medical professionals.

RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION

In modern scientific literature, health culture is considered as an integral characteristic of a person, which reflects the level of knowledge about health, value attitude towards it, the formation of health-preserving competencies and readiness for the practical application of the principles of a healthy lifestyle in professional and everyday activities [1, 3].

For future medical workers, the culture of health is of particular importance, since it is they who act as carriers of medical knowledge and an example of health-preserving behavior for patients. The formation of a culture of health among students of medical institutions of higher education is one of the priority areas of modern medical education and corresponds to the strategic objectives of public health development.

Modern research shows that the level of health-preserving competence of students largely depends

on the integration of health issues into the educational process, regardless of the academic discipline [4]. In this context, English for professional purposes has significant potential for implementing an interdisciplinary approach and forming a culture of health.

Studying English by medical students involves studying a large number of professionally oriented materials that highlight current issues in healthcare, disease prevention, healthy lifestyles, public health, and medical ethics. Thanks to this, students not only improve their language skills, but also expand their own knowledge about maintaining and strengthening their health.

At the current stage of development of medical science, English has become a universal means of professional communication. The vast majority of scientific publications, clinical guidelines, treatment protocols and international research projects are created in English [5].

In this regard, English for Medical Purposes courses should be aimed not only at developing language competence, but also at developing the professional worldview of the future medical professional.

Studying English-language materials on the prevention of noncommunicable diseases; healthy nutrition; physical activity; mental health; vaccination; combating bad habits; environmental determinants of health contribute to students' awareness of the importance of health-preserving behavior and the formation of relevant professional values.

An important component of the formation of a culture of health is the development of health literacy. According to the WHO definition, health literacy encompasses a person's ability to find, analyze, critically evaluate, and use health information to make informed decisions [6].

Working with English-language sources allows students to learn to analyze scientific articles, work with the evidence base, assess the reliability of medical information, and counteract the spread of medical myths and misinformation.

Thus, English is not only a tool of professional communication, but also a means of forming a culture of health.

The effectiveness of forming a culture of health largely depends on the content of the English language course for professional purposes.

It is advisable to include the following thematic blocks in the curriculum:

1. Healthy Lifestyle and Disease Prevention.

Within this module, students work on English-language texts on rational nutrition, physical activity,

work and rest regimes, and prevention of chronic diseases.

2. Mental Health and Psychological Well-being. This topic is particularly relevant in the context of martial law and the socio-psychological challenges of our time. Studying English-language materials on stress, emotional burnout, and psychological resilience contributes to the development of self-preservation skills and mental health maintenance [7].

3. Public Health and Health Promotion. Consideration of international public health experience allows students to understand the role of preventive medicine and the state's health-saving policy.

4. Environmental Health and Climate Change. Studying English-language materials on the impact of environmental factors on health builds environmental awareness and understanding of global challenges for the healthcare system.

5. Patient Education and Communication. Of particular importance is the development of skills in professional counseling of patients on disease prevention and maintaining a healthy lifestyle.

The results of the analysis of modern pedagogical research indicate that interactive teaching methods are the most effective in forming a culture of health [8].

- *Case method.* Case technology allows you to simulate real clinical situations and develop decision-making skills [11].

For example, students may be offered a case study of a patient with obesity, cardiovascular disease, or prolonged psycho-emotional stress. Discussing in English possible ways to prevent and correct risk factors contributes to the simultaneous development of language competence and health culture.

- *Project-based learning.* One of the most effective tools for building health-preserving competence is project activities.

Topics of student projects may include: healthy lifestyles of student youth; prevention of smoking; mental health in wartime; the impact of nutrition on health; prevention of cardiovascular diseases; health-saving technologies in medical practice.

Preparing projects in English stimulates students' independent research activities and contributes to a deep understanding of health problems [9].

- *Discussion technologies.* Professionally oriented discussions help build critical thinking and argumentation skills.

Examples of discussion topics:

- Vaccination: Benefits and Challenges;
- Healthy Diet versus Popular Diet Trends;
- Mental Health in Modern Society;
- Climate Change and Public Health.

Through discussion, students learn to analyze information, assess risks, and make informed health decisions.

Modern medical education actively uses digital learning tools. Effective tools include: Moodle and Google Classroom platforms; Coursera and FutureLearn online courses; World Health Organization resources; electronic medical libraries; interactive clinical simulators; podcasts and video lectures in English.

The use of digital resources provides access to up-to-date health information and promotes the development of self-study skills.

The use of artificial intelligence in the educational process deserves special attention. Tools based on artificial intelligence allow you to personalize learning, create interactive exercises, and provide quick feedback.

The analysis shows that the integration of health-preserving topics into English teaching contributes to the formation of a set of competencies necessary for a modern medical worker.

Such competencies include awareness of the value of health; ability to self-preservation; responsibility for one's own health and the health of patients; skills in critical analysis of medical information; readiness for health-preserving educational activities; ability for intercultural professional communication.

A formed culture of health has a positive impact on the quality of professional training of future medical workers, contributes to the development of professional ethics, and increases readiness to operate in the face of modern challenges in the healthcare system.

Therefore, the results of the analysis allow us to state that English for professional purposes is an effective tool for forming a health culture of medical students. The combination of professionally oriented training content with interactive methods and digital technologies creates favorable conditions for the development of health-saving competence of future medical workers.

An analysis of modern approaches to teaching English for professional purposes at medical universities shows significant differences between Ukrainian and international practice.

In the EU and the US, EMP courses in medical schools have long integrated the concept of health literacy as a key learning outcome. In particular,

the patient-centered communication model is actively used in the programs of medical universities in the UK, which involves teaching students not only terminology, but also skills in explaining medical information in language understandable to the patient [8].

In the USA and Canada, the CBL (Case-Based Learning) approach and simulation-based training are widely used, where students practice communication in English in simulated clinical situations, which is directly related to the formation of a health culture through practical activities [4].

In Ukraine, EMP in medical higher education institutions is gradually moving from a traditional grammatical-translation approach to communicative and integrated learning, but the level of implementation of the health literacy component still remains uneven. The main educational strategies used to form a culture of health through English language instruction are presented in *Table 1*.

The current stage of development of medical education is characterized by active digitalization of the educational process. The use of distance learning platforms, clinical case simulators, and artificial intelligence allows significantly increasing the effectiveness of forming a culture of health.

In particular, AI tools can generate individual cases for students; adapt the complexity of English-language texts; model doctor-patient dialogues; check the correctness of medical terminology; and form personalized learning trajectories. This corresponds to the modern concept of adaptive learning, which is widely implemented in leading medical schools around the world.

Special attention needs to be paid to the development of soft skills in future medical professionals. In the process of learning English, empathy for the patient is formed; active listening skills; the ability to explain complex information in simple words; intercultural communication; ethical behavior in

professional situations. These skills directly affect the quality of medical care and the level of patient trust in the healthcare system.

Thus, the integration of the concept of health culture into professional English teaching allows transforming the EMP course into a multidimensional educational system that simultaneously forms language competence, professional thinking, and health-preserving behavior of future medical professionals.

In the process of forming a health culture of future medical workers through the means of English in a professional direction, a systematic combination of different pedagogical approaches is important. Analysis of scientific sources and pedagogical practice allows us to assert that the effectiveness of training largely depends on the integration of communicative, competency-based and health-preserving approaches.

Of particular importance is the transition from traditional reproductive learning to interactive and student-centered models that ensure the active participation of students in the formation of their own professional and health-preserving competence. The use of English-language authentic materials on the topics of public health, preventive medicine and clinical practice contributes to the formation of not only language skills, but also a value-based attitude towards health as a social and personal category.

An important factor is also the digitalization of the educational process, which allows for access to global medical knowledge, increase student motivation, and individualize learning. The use of artificial intelligence, simulation platforms, and online resources contributes to the modeling of real clinical situations and the development of practical communication skills in English. The effectiveness of the educational strategies used to develop a culture of health in EMP learning is summarized in *Table 2*.

Table 1. Educational strategies for forming a culture of health through the English language

Educational strategy	Content	Expected result
Case method	Clinical case analysis in English	Development of clinical thinking and health literacy
Project-based learning	Creation of student projects (healthy lifestyle, disease prevention)	Formation of health-preserving behavior
Simulation learning	Doctor-patient role-playing games	Development of professional communication
Discussion methods	Discussion of global health issues	Critical thinking
Digital technologies	Online platforms, AI tools	Self-study and media literacy
Analysis of authentic texts	WHO guidelines, medical articles	Deepening professional vocabulary

Table 2. Effectiveness of educational strategies for forming a culture of health in EMP learning

Educational strategy	Implementation tools	Pedagogical result
Case method	Analysis of clinical situations, problem tasks	Development of clinical thinking, health literacy
Project-based learning	Individual and group projects on health topics	Formation of a responsible attitude towards health
Simulation learning	Doctor-patient role-playing games	Development of professional communication in English
Discussion methods	Debate, discuss global health issues	Critical thinking, argumentation
Digital technologies	AI tools, online platforms, simulators	Personalization of learning, digital literacy
Analysis of authentic materials	Articles from WHO, CDC, medical journals	Improving language and professional competence

CONCLUSIONS

The conducted analysis of scientific literature allowed us to establish that the formation of a health culture is one of the priority areas of training future medical workers in the context of modern global challenges. Health culture is an integral characteristic of a person, which combines a system of knowledge, values, motivational attitudes and practical skills aimed at preserving and strengthening health.

It has been determined that English for professional purposes has significant potential for implementing a health-preserving approach in medical education. The use of professionally oriented English-language materials contributes to expanding students' knowledge of disease prevention, healthy lifestyles, mental health, public health, and modern approaches to improving the health of the population.

It is proven that the integration of the topic of health culture into the content of the discipline «English for Professional Purposes» ensures the simultaneous development of students' linguistic, professional and health-preserving competencies. Of particular importance is the development of health literacy, which is a necessary condition for the effective professional activity of a modern medical worker.

It has been established that the most effective educational strategies for forming a culture of health are: the use of authentic English-language medical texts; case method; project-based learning; problem-based learning; discussion technologies; digital educational resources; integration of interdisciplinary content in English teaching.

The use of these approaches contributes to the formation of a responsible attitude among students towards their own health and the health

of patients, the development of critical thinking skills, professional communication, and readiness to work in conditions of dynamic changes in the healthcare sector.

Prospects for further research are to study the effectiveness of specific digital technologies and artificial intelligence tools in shaping the health culture of medical students in the process of learning English for professional purposes.

REFERENCES

1. World Health Organization Regional Office for Europe. WHO/Europe and the EU scale up the integration of arts and culture into health systems. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2026. Available from: <https://www.who.int/europe/news/item/13-02-2026-who-europe-and-the-eu-scale-up-the-integration-of-arts-and-culture-into-health-systems/>
2. Antonova O, Polishchuk N. Zdoroviazberihaiucha kompetentnist osobystosti yak naukova problema (analiz poniattia) [Health-making competence of a person as a scientific problem (analysis of the concept)]. In: Vyshcha osvita u medsestrynstvi: problemy i perspektyvy [Higher education in nursing: problems and perspectives]. Zhytomyr: Polissia; 2011. p. 27–31.
3. European Commission: Directorate-General for Education, Youth, Sport and Culture. Culture and health — Time to act. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2025. Available from: <https://data.europa.eu/doi/10.2766/0432398>
4. O'Dowd E, Lydon S, O'Connor P, Madden C, Byrne D. A systematic review of 7 years of research on entrustable professional activities in graduate medical education, 2011–2018. *Med Educ*. 2019 Mar;53(3):234–49. doi: <https://doi.org/10.1111/medu.13792>
5. Harden RM, Laidlaw JM. Essential skills for a medical teacher: an introduction to teaching and learning in medicine. 3rd ed. Edinburgh: Elsevier; 2023.
6. Nutbeam D, Lloyd JE. Understanding and Responding to Health Literacy as a Social Determinant of Health. *Annu Rev Public Health*. 2021 Apr 1;42:159–73.

doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-090419-102529>

7. **Daniel M, Gordon M, Patricio M, et al.** An update on developments in medical education in response to the COVID-19 pandemic. *Med Teach*. 2021;**43**(3):253–71. doi: <https://doi.org/10.1080/0142159X.2020.1864310>
8. **Hutchinson T, Waters A.** English for specific purposes: a learning-centred approach. Cambridge: Cambridge University Press; 1987. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511733031>
9. **Dmitrenko N, Budas I, Koliadych Y, Poliarush N.** Impact of Formative Assessment on Students' Motivation in Foreign Language Acquisition. *East European Journal of Psycholinguistics*. 2021 Dec 27;**8**(2):36–50.

ДЖЕРЕЛА ФІНАНСУВАННЯ

Дослідження виконано без зовнішнього фінансування.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО КОНФЛІКТ ІНТЕРЕСІВ

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕНЕРАТИВНОГО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Генеративний штучний інтелект не використовувався під час написання статті.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА ТА ЙОГО ВНЕСОК

ВІЦЮК Алла: автор одноосібно виконав усі етапи підготовки наукової статті, включаючи концептуалізацію дослідження, розроблення методології, аналіз та інтерпретацію наукових джерел, написання та редагування тексту, а також остаточне затвердження рукопису до публікації.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2216-8536>
e-mail: a.vitsiuk@kmu.edu.ua

Отримано: 18.06.2026
Прийнято до друку: 01.07.2026
Опубліковано: 15.07.2026

doi: <https://doi.org/10.29038/eejpl.2021.8.2.dmi>

10. European Commission. Culture Compass for Europe. Brussels: European Commission; 2025. Available from: https://culture.ec.europa.eu/sites/default/files/2025-11/Communication%20-%20Culture%20Compass%20with%20cover_0.pdf
11. **Madigosky WS, Headrick LA, Nelson K, Cox KR, Anderson T.** Changing and sustaining medical students' knowledge, skills, and attitudes about patient safety and medical fallibility. *Acad Med*. 2006 Jan;**81**(1):94–101. doi: <https://doi.org/10.1097/00001888-200601000-00022>

SOURCES OF FUNDING

The study was conducted without external funding.

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

APPLICATION OF GENERATIVE ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Generative artificial intelligence was not used when writing the article.

AUTHOR INFORMATION AND CONTRIBUTIONS

VITSIUK Alla: the author single-handedly carried out all stages of preparing the scientific article, including conceptualization of the research, methodological development, analysis and interpretation of scientific sources, writing and editing the text, and final approval of the manuscript for publication.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2216-8536>
e-mail: a.vitsiuk@kmu.edu.ua

Received: 18.06.2026
Accepted: 01.07.2026
Published: 15.07.2026

